

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
(Direktor: Prof. Dr. H. Fischer-Brandies)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Einfluss kieferorthopädischer Behandlungen
auf den pharyngealen Raum
in anterior-posteriorer Richtung
im Fokus auf das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom
(OSAS)**

Eine retrospektive kephalometrische Studie

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Marleen Schreiber
aus Rostock

Kiel 2019

1. Berichterstatter/in: Prof. Dr. Helge Fischer-Brandies, Klinik für Kieferorthopädie

2. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. Dr. Falk Birkenfeld, Praxis für MKG-Chirurgie
Dr. Purcz & PD Dr. Dr. Birkenfeld

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Dezember 2019

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung.....	1
1.1 Der Pharynx.....	1
1.2 Posterior Airway Space (PAS).....	2
1.3 Skelettale Dysgnathie.....	4
1.4 Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom (OSAS).....	5
1.4.1 Pathophysiologie der Genese.....	5
1.4.2 Symptome und Folgen.....	5
1.4.3 Epidemiologie.....	6
1.4.4 Diagnostik.....	7
1.4.5 Therapie.....	7
1.5 Fragestellung und Ziel der Studie.....	9
2 Material und Methode.....	10
2.1 Patientenselektion.....	10
2.2 Messmethoden.....	13
2.2.1 Die kephalometrische Diagnostik des FRS.....	13
2.2.2 Die computergestützte Auswertung des FRS.....	14
2.2.3 Kephالometrische Vermessung des pharyngealen Raums.....	15
2.3 Statistische Auswertung.....	17
3 Ergebnisse.....	18
3.1 Veränderung des PAS NL.....	18
3.1.1 PAS NL der Kontrollgruppe.....	19
3.1.2 PAS NL der Hauptgruppe 1.....	19
3.1.3 PAS NL der Hauptgruppe 2.....	20
3.1.4 PAS NL der Hauptgruppe 3.....	20
3.1.5 Zusammenfassung.....	21
3.2 Veränderung des PAS OccPI.....	22
3.2.1 PAS OccPI der Kontrollgruppe.....	22
3.2.2 PAS OccPI der Hauptgruppe 1.....	22
3.2.3 PAS OccPI der Hauptgruppe 2.....	23

3.2.4	PAS OccPI der Hauptgruppe 3	23
3.2.5	Zusammenfassung	24
3.3	Veränderung des PAS UT	25
3.3.1	PAS UT der Kontrollgruppe.....	25
3.3.2	PAS UT der Hauptgruppe 1	25
3.3.3	PAS UT der Hauptgruppe 2	26
3.3.4	PAS UT der Hauptgruppe 3	26
3.3.5	Zusammenfassung	27
3.4	Veränderung des PAS ML	28
3.4.1	PAS ML der Kontrollgruppe	28
3.4.2	PAS ML der Hauptgruppe 1	28
3.4.3	PAS ML der Hauptgruppe 2	29
3.4.4	PAS ML der Hauptgruppe 3	29
3.4.5	Zusammenfassung	30
3.5	Veränderung des Hyoids	31
3.5.1	Hyoid der Kontrollgruppe	31
3.5.2	Hyoid der Hauptgruppe 1	31
3.5.3	Hyoid der Hauptgruppe 2	32
3.5.4	Hyoid der Hauptgruppe 3	32
3.5.5	Zusammenfassung	33
3.6	Beurteilung des pharyngealen Raums in allen Ebenen	34
4	Diskussion.....	38
4.1	Patientenkollektiv und Methodik	38
4.2	Kephalometrische Vermessung des FRS	38
4.3	Interpretation der Ergebnisse	40
4.3.1	Signifikanz der Ergebnisse	43
4.4	Klinische Relevanz	44
5	Zusammenfassung.....	46
6	Literaturverzeichnis	48
7	Anhang.....	54
8	Veröffentlichung	66
9	Danksagung	67

Abkürzungsverzeichnis

AHI	Apnoe-Hypopnoe-Index
aOp	andere Operationen
CPAP	Continous Positive Airway Pressure
CT	Computertomographie
DM	Delaire-Maske
DVP	Doppelvorschubplatte
FKO	Funktionskieferorthopädie
FRS	Fernröntgenseitenbild
GNE	Gaumennahterweiterung
HG	Headgear
HH	Herbsthybrid
KG	Kontrollgruppe
KSO	Kieferspaltosteoplastik
LKG	Lippen-Kiefer-Gaumen
MB	Multiband
MRT	Magnetresonanztomographie
OK	Oberkiefer
OSA	Obstruktive Schlafapnoe
OSAS	Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom
P	Pendulum
p	Signifikanzwert
PAS	Posterior Airway Space
r	Korrelationskoeffizient
UK	Unterkiefer

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Patientenselektion innerhalb der Untergruppen.....	12
Tabelle 2:	Messstrecken, -winkel, und -punkte der kephalometrischen Auswertung	54
Tabelle 3:	Ergebnisse der statistischen Auswertung: Normalverteilung nach Kolmogoroff-Smirnov (NV), gepaarter t-test (t-test), Signifikanz zwischen HG und UG (Signifikanz HG-UG), Mehrfachvergleich (nach Scheffé) und Signifikanz zwischen allen Gruppen (Signifikanz Gruppen) auf dem 5%-Niveau.....	55
Tabelle 4:	Ergebnisse der statistischen Auswertung: Mehrfachvergleich nach Scheffé und Bonferroni, Signifikanz zwischen den Gruppen für Geschlecht und Altersgruppen (AG) nach Taylor auf dem 5%-Niveau	55
Tabelle 5:	Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Anzahl (n) der prozentualen Veränderungen (%Diff), sowie die Vergrößerungen (+) und Verkleinerungen (-) der PAS-Ebenen für die Hauptgruppen (HG) 1 bis 3 und die Kontrollgruppe (KG)	56
Tabelle 6:	Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen Veränderungen, sowie die Vergrößerungen und Verkleinerungen der PAS-Ebenen für die Hauptgruppe (HG) 1 und die Untergruppen (UG) 1 bis 7 in mm..	59
Tabelle 7:	Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen Veränderungen, sowie die Vergrößerungen (POS) und Verkleinerungen (NEG) der PAS-Ebenen für die Hauptgruppe (HG) 2 und die Untergruppen 1 bis 5 in mm.	61
Tabelle 8:	Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen Veränderungen, sowie die Vergrößerungen (POS) und Verkleinerungen (NEG) der PAS-Ebenen für die Hauptgruppe (HG) 3 und die Untergruppen 1 bis 2 in mm.	62
Tabelle 9:	Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen absoluten Veränderungen, sowie die Vergrößerungen (POS) und Verkleinerungen (NEG) der PAS-Ebenen für die Kontrollgruppe (KG) und total für alle Hauptgruppen in mm.....	63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Abschnitte des Pharynx	2
Abbildung 2:	Schema Vermessung der Pharynxweichteile	3
Abbildung 3:	Sagittal skelettale Lagebeziehung zwischen Ober- und Unterkiefer	4
Abbildung 4:	Unterteilung des Patientenguts in verschiedene Klassen der Dysgnathie und die jeweiligen verwendeten kieferorthopädischen Behandlungsmethoden	11
Abbildung 5:	Fernröntgenseitenaufnahme des Schädels.....	14
Abbildung 6:	Überlagerung FRS 1/FRS 2	16
Abbildung 7:	Prozentuale Veränderung des PAS NL der Hauptgruppen	21
Abbildung 8:	Prozentuale Veränderung des PAS OccPI der Hauptgruppen	24
Abbildung 9:	Prozentuale Veränderung des PAS UT der Hauptgruppen.....	27
Abbildung 10:	Prozentuale Veränderung des PAS ML der Hauptgruppen.....	30
Abbildung 11:	Prozentuale Veränderung des Hyoids der Hauptgruppen.....	33
Abbildung 12:	Veränderung des pharyngealen Raums in allen PAS Ebenen für die Hauptgruppen (HG) und die Kontrollgruppe (KG).	36
Abbildung 13:	Veränderung des pharyngealen Raums in allen PAS Ebenen und Hyoid für die Hauptgruppen (HG) und die Kontrollgruppe (KG). ...	37

1 Einleitung

Der Schlaf als Teil des circadianen chronobiologischen Rhythmus des menschlichen Organismus unterliegt einer komplexen Regulation des zentralen Nervensystems (Koella 1988). Pathophysiologisch kann es während des Schlafs zu erheblichen Störungen der Atmung kommen, welche mit einer partiellen oder kompletten Verlegung der oberen Luftwege einhergehen und ernstzunehmende gesundheitliche Folgen haben können. In der Literatur werden pathogenetische Auffälligkeiten der skelettalen und weichteiligen Strukturen im Bereich der oberen Atemwege als prädisponierende Ursachen für die Entwicklung von schlafbezogenen Atemregulationsstörungen angesehen (Guilleminault 1984; Miles et al. 1996; Riley et al. 1983; Strelzow et al. 1988). Skelettal bedingte Anomalien, wie ein hypoplastisches Mittelgesicht, eine Rücklage des Ober- und Unterkiefers und der sogenannte dolichofaziale Gesichtstyp, gehen häufig mit einer Einengung des pharyngealen Raums (Pharynx) einher und begünstigen damit die Entstehung eines sogenannten obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms (OSAS) (Hochban and Brandenburg 1994; Hochban et al. 1994). In Anbetracht entwicklungsbedingter Risikofaktoren, aber auch im Hinblick auf mögliche Folgeerkrankungen des OSAS, ist es von großem wissenschaftlichen und klinischen Interesse eine gezielte Diagnostik vorzunehmen, um die potenzielle Entwicklung frühzeitig bewerten und therapieren zu können.

1.1 Der Pharynx

Der Pharynx verläuft von der Schädelbasis abwärts und geht in Höhe des Ringknorpels in den Ösophagus über. Die hintere und seitliche Pharynxwand sind geschlossen. Vorn hat der Pharynx Verbindungen zur Nasenhöhle, zur Mundhöhle und zum Kehlkopf. Der Pharynx gliedert sich von oben nach unten in drei Abschnitte (Abbildung. 1):

1. Der Nasopharynx steht an den Choanen durch den Meatus nasopharyngeus mit der Nasenhöhle in Verbindung.
2. Der Oropharynx geht über den Isthmus faucium in die Mundhöhle über. Hier kreuzen sich Luft-und Speiseweg.
3. Der Hypopharynx öffnet sich ventral über den Aditus laryngis in den Kehlkopf.

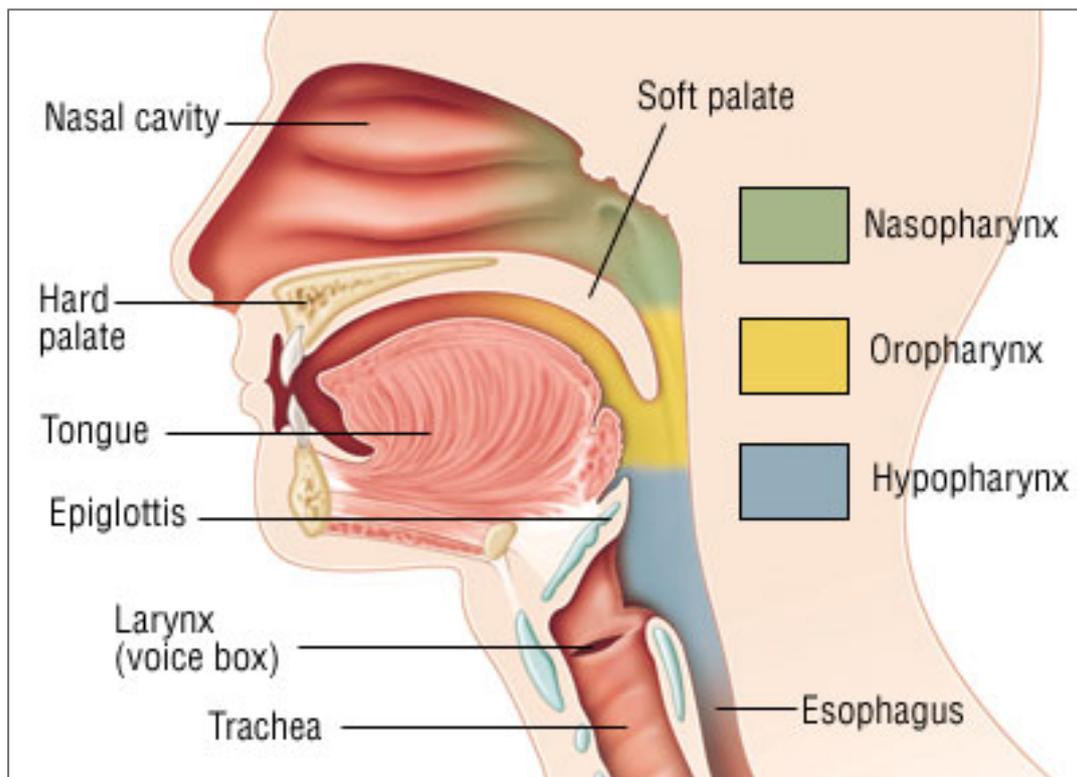


Abbildung 1: Abschnitte des Pharynx
 (Quelle: www.health.harvard.edu/cancer/throat-cancer-larynx-and-pharynx)

Während der Inspiration entsteht durch die Kontraktion des Zwerchfells ein Unterdruck, durch welchen die muskulären Strukturen des oberen Pharynx zu verschließen drohen. Im Wachzustand fixiert die Muskulatur die Zunge in einer ventralen Position, wodurch sie den Oropharynx offen hält und bewirkt, dass der weiche Gaumen dem Zungenrücken aufliegt. Diese Regulation funktioniert bei einem Gesunden auch während des Schlafs mit verminderter neuromuskulärer Aktivität, um dem Kollabieren der oberen Atemwege entgegenzuwirken. Kommt es aber aufgrund individueller anatomischer und funktioneller Gegebenheiten zu skelettalen oder weichgeweblichen Abweichungen im Kopf-Hals-Bereich, kann eine dadurch entstehende schlafbezogene Atemregulationsstörung zu einem Kollaps der oberen Luftwege führen.

1.2 Posterior Airway Space (PAS)

Zur Ermittlung einer möglichen dysgnathiebedingten Prädisposition kann der sogenannte „Posterior Airway Space“ bestimmt werden. Seine Einführung geht auf eine Arbeitsgruppe der Stanford University zurück. Er beschreibt die Distanz des Zungen-

grundes zur Rachenhinterwand (Abbildung 2). Der PAS ist limitiert durch Hart- und Weichgewebe des Pharynx. Strukturelle Anomalien können eine Veränderung seines Volumens bewirken (De Ponte et al. 1999). Über den PAS lassen sich wertvolle Informationen über das Vorliegen einer pharyngealen Obstruktion erkennen. Er kann unter anderem im Zuge einer kieferorthopädischen Diagnostik mittels Fernröntgenseitenbild in zweidimensionaler Richtung von anterior nach posterior bestimmt werden. Ein Verfahren zur Vermessung der Pharynxstrukturen und Bestimmung des PAS auf verschiedenen anatomischen Ebenen wurde von Hochban und Mitarbeitern beschrieben (Hochban et al. 1994).

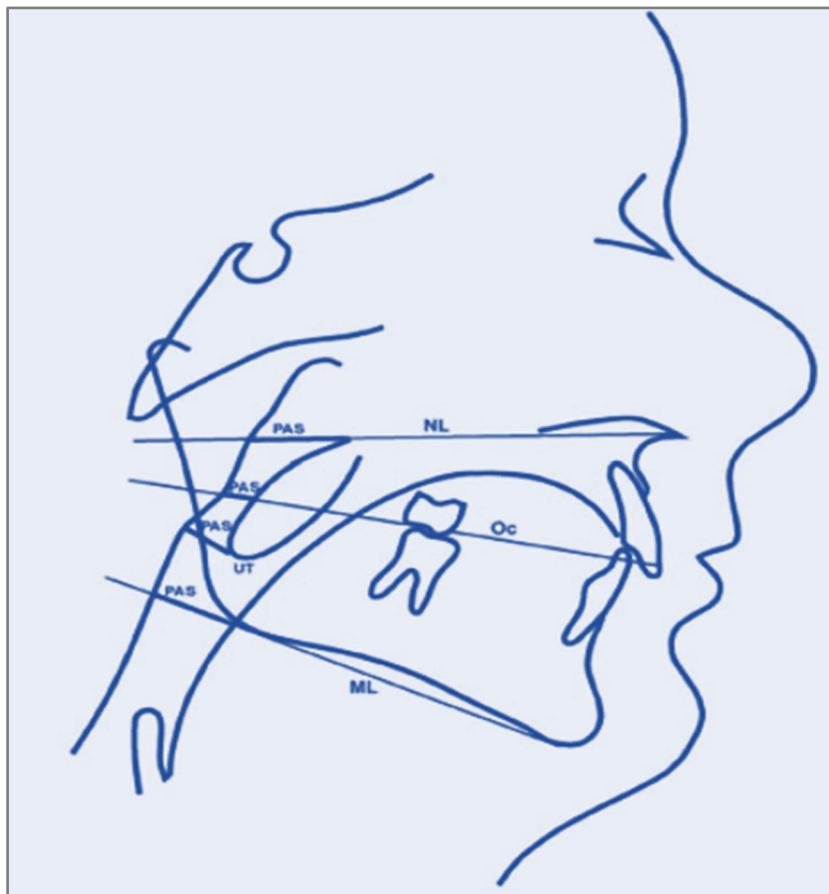


Abbildung 2: Schema Vermessung der Pharynxweichteile Posterior Airway Space auf verschiedenen Ebenen:
NL auf Höhe der Nasal-Linie,
Oc auf Höhe der Okklusionsebene,
UT auf Höhe der Velumspitze,
ML auf Höhe der Mandibular-Linie
(Quelle:https://www.slaek.de/media/dokumente/04presse/aerzteblatt/archiv/2005/11/1105_535.pdf)

1.4 Obstruktives Schlafapnoe-Syndrom (OSAS)

OSAS beschreibt eine nicht selten auftretende Atemregulationsstörung während der Schlafphasen und wurde erstmalig in den siebziger Jahren definiert (Guilleminault et al. 1973). Hierbei handelt es sich um eine Atemregulationsstörung mit einer partiellen (Hypopnoe) oder kompletten Verlegung (Apnoe) der oberen Atemwege. Die Schlafapnoe kann in drei Formen unterteilt werden: die zentrale, die obstruktive und die kombiniert zentralobstruktive Apnoe. Klinisch werden sie im Obstruktiven Schlafapnoe-Syndrom (OSAS) zusammengefasst. Die Erkrankung manifestiert sich in verschiedenen Ausprägungsgraden. Definiert werden diese durch den Apnoe-Hypopnoe-Index (AHI). In der Schlafmedizin bezeichnet der AHI die durchschnittliche Anzahl der Apnoe- und Hypopnoe-Episoden pro Stunde. Es können eine leichte (AHI 5-15/h), eine mittelschwere (AHI 15-30/h) und eine schwere Form (AHI > 30/h) unterschieden werden (Flemons 2002).

1.4.1 Pathophysiologie der Genese

Bei Patienten, die unter einem OSAS leiden, liegt ein Ungleichgewicht in der Aktivierung der den Pharynx verschließenden und der ihn öffnenden Muskulatur vor. Charakteristisch ist das partielle oder totale Kollabieren des pharyngealen Raums im Zuge der Inspiration, bedingt durch den verminderten Tonus der Schlundmuskulatur. Dies bedeutet, dass durch eine entspannte leichte Mundöffnung während des Schlafs der Zungengrund dorsal sinkt und der Zungenrücken den Kontakt zum Gaumen und damit seine Ventilfunktion verliert. Infolge der nun flach im Mundboden liegenden Zunge kommt es zum Flattern des Gaumensegels im Luftstrom. Die Folge ist ein verengter oder gar verschlossener pharyngealer Raum.

1.4.2 Symptome und Folgen

Die klinischen Symptome des OSAS sind vielfältig. Vor allem die Kombination bestimmter Symptome, wie lautes, unregelmäßiges Schnarchen, ausgeprägte Tages-schläfrigkeit, Konzentrationsschwäche und Atempausen, verbunden mit einem unruhigen Schlaf, können einen Hinweis auf ein bestehendes OSAS geben (Mayer et al. 1995). Durch eine reduzierte Sauerstoffsättigung und eine erhöhte CO₂-Konzentration

führen nächtliche Apnoen zu unterschwelligen Schlafunterbrechungen. Die Qualität des Schlafs wird nachhaltig beeinträchtigt. Das unbehandelte OSAS kann langfristig zu kardialer Ischämie, Herzrhythmusstörungen und Hypertonie, sowie Beeinträchtigung der geistigen und körperlichen Leistungsfähigkeit führen (Abad and Guilleminault 2009; Heitmann et al. 2004; Yaggi et al. 2005). Im Hinblick auf mögliche Folgeerkrankungen des OSAS ist eine Kausaltherapie unabdingbar. Liegt die Ursache eines diagnostizierten OSAS in einer nachgewiesenen pathologischen Veränderung der skelettalen oder weichgeweblichen Strukturen, kann eine individuelle kieferorthopädische, gegebenenfalls chirurgische Therapie, frühzeitig eingeleitet werden.

1.4.3 Epidemiologie

Im Jahre 1991 fassten Weyerer und Dilling die gesammelten Daten bisheriger epidemiologischer Studien zur Prävalenz von Insomnien in einer Übersicht zusammen. Sie besagt, dass 15 bis 35% der Bevölkerung in den westlichen Industrieländern unter leicht bis schwer ausgeprägten Insomnien leiden (Weyerer and Dilling 1991).

Studien, die sich intensiv mit der Häufigkeit des Auftretens schlafbezogener Atemstörungen befassten, zeigen das die Prävalenz des OSAS in einem Bereich von 5 bis 10% liegt (Enright et al. 1996; Finn et al. 1998; Newman et al. 1997; Quan et al. 1997). Vorwiegend sind Männer mittleren Alters und Menschen über 65 Jahre betroffen (Punjabi 2008; Young et al. 1997). Bei Männern in der Altersgruppe zwischen 30 und 40 Jahren liegt die Prävalenz bei 17%. Sie steigt mit zunehmendem Alter, also zwischen 50 und 60 Jahren, auf 31%. Korrespondierend bewegt sich die Prävalenz der Frauen gleichen Alters zwischen 6,5% und 16%. Auch Kinder können bereits unter OSAS leiden, hier liegt die Prävalenz bei etwa 1% (Ali et al. 1993; Guilleminault and Pelayo 1998). Die im Alter zunehmende Häufigkeit wird diskutiert. Strukturelle Veränderungen der oberen Luftwege, einhergehend mit einem erhöhten pharyngealen Widerstand, aber auch ein verminderter Atemantrieb können im fortschreitenden Alter eine Rolle spielen. Die Literatur gibt zudem Hinweise auf eine hohe Anzahl nicht diagnostizierter schlafbezogener Atemstörungen, wobei die Prävalenz lediglich geschätzt werden kann (Pontier et al. 2007; Punjabi 2008; West et al. 2006).

1.4.4 Diagnostik

Am Anfang der Diagnostik stehen eine sorgfältige, gezielte Anamnese und die klinische Befunderhebung. Zur Beurteilung der skelettalen Verhältnisse und der weichgeweblichen Strukturen des pharyngealen Raums können kephalometrische Verfahren, die Computertomographie (CT), die Magnetresonanztomographie (MRT), die Endoskopie und die Fluoroskopie herangezogen werden (Battagel et al. 1998; Hochban et al. 1995; Lowe et al. 1995). Die weiterführende Diagnostik der obstruktiven Schlafapnoe erfolgt im Schlaflabor mittels polysomnographischer Messungen, um vegetative Funktionsabläufe während des Schlafs zu erfassen. Dabei werden respiratorische Parameter wie der nasale und orale Luftstrom, die Thorax- und Abdomenexkursionen und die Sauerstoffsättigung gemessen. Aus den Basiswerten werden die Apnoen und Hypopnoen pro Stunde der gemessenen Schlafzeit (AHI = Apnoe/Hypopnoe-Index), die durchschnittliche Sauerstoffsättigung und die minimale Sauerstoffsättigung bestimmt. Der im Schlaflabor mittels Polysomnographie diagnostizierte Ausprägungsgrad der obstruktiven Schlafapnoe nimmt Einfluss auf die Therapie.

1.4.5 Therapie

Abhängig vom individuell ermittelten Schweregrad der Erkrankung wird zur Behandlung des OSAS eine Vielzahl von Therapieansätzen geboten. Im Folgenden werden zwischen der konservativen, der invasiven chirurgischen und der zahnärztlich-/kieferorthopädischen Therapie unterschieden:

- Die konservative Therapie umfasst unter anderem die Optimierung der Schlafposition, zum Beispiel die Erhöhung des Oberkörpers und die Vermeidung der Rückenlage. Eine andere nennenswerte Möglichkeit der Behandlung des obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms besteht in der sogenannten Ventilations-therapie mit CPAP (= continuous positive airway pressure = applizierter kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck). Diese Positivdruckbeatmung mit Hilfe einer Maske gilt bis heute als Goldstandard bei leichter bis mittelschwerer OSA (Abad and Guilleminault 2009). Es handelt sich dabei um eine Art „pneumatische Schienung“. So können Atemstillstände oder Atemluftbehinderungen zuverlässig vermieden werden.

- Die individuelle skelettale Anatomie kann eine Verengung des pharyngealen Raums bewirken, so dass eine kieferchirurgische Intervention zur Therapie eines vorliegenden obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms eine Alternative darstellt. Viele angeborene Krankheitsbilder mit kraniofazialen Fehlbildungen unterstreichen die Bedeutung der Kieferposition in der Ätiopathogenese des OSAS. Daher kann ein kurativer gesichtschirurgischer Eingriff bei jungen Patienten mit kraniofazialen Fehlbildungen, aber auch bei Auffälligkeiten des Gesichtsschädels, wie beispielsweise einer mandibulären Retrognathie oder einem vertikalen, dolichofazialen Gesichtstyp, einhergehend mit einem diagnostizierten OSAS, sinnvoll sein (Hochban and Brandenburg 1994).
- In der Literatur werden verschiedene intraorale Apparaturen zur Behandlung des OSAS beschrieben (Eckhart 1998; Fleetham et al. 1996; Lowe et al. 1994; Millman et al. 1998). Entsprechend der individuell geplanten Therapie wurden im Laufe der Jahre neben der Protrusionsschiene (Rose 2006) und dem Zungenretainer (Yoffe et al. 1995) eine Vielfalt von kieferorthopädischen Apparaturen zur Dysgnathiekorrektur entwickelt. Hier stellt sich die Frage welchen Effekt der Einsatz kieferorthopädischer Geräte auf die pharyngealen Platzverhältnisse im Hinblick auf eine einhergehende Erkrankung wie OSAS hat. In Anbetracht verschiedener Klassifikationen der Dysgnathie und kraniofazialen Anomalien, aber auch im Hinblick auf mögliche Folgeerkrankungen durch OSAS nehmen Behandlungsalternativen durch herausnehmbare, als auch festsitzende kieferorthopädische Apparaturen unter interdisziplinärer Zusammenarbeit zwischen schlafmedizinisch erfahrenen Pneumologen und kieferorthopädisch ausgebildeten Zahnärzten einen immer größeren Stellenwert ein (Guilleminault et al. 2000; Nieto et al. 2000; Ohayon et al. 2000; Young and Peppard 2000).

1.5 Fragestellung und Ziel der Studie

Ziel dieser Studie ist es, anatomische Veränderungen des pharyngealen Raums (Abbildung 1) etablierter kieferorthopädischer Therapien mittels unterschiedlicher Behandlungsapparaturen in Abhängigkeit verschiedener Klassen der Dysgnathie zu erfassen und die Möglichkeit einer Korrelation der Ausprägung eines OSAS zu untersuchen, um im Sinne einer Primärprävention relevante kieferorthopädische Anomalien gezielt und frühzeitig korrigieren zu können.

Folgende Thesen werden aufgestellt:

1. Die kieferorthopädische Behandlung der skelettalen Klasse-II-Dysgnathie bewirkt eine Erweiterung des pharyngealen Raums.
2. Die kieferorthopädische Behandlung der skelettalen Klasse-III-Dysgnathie führt zu einer Verengung des pharyngealen Raums.
3. Die chirurgische Therapie von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten bewirkt eine Erweiterung des pharyngealen Raums.

2 Material und Methode

Für die vorliegende retrospektive Studie wurden 1000 Patientenfälle unterschiedlicher Klassen der Dysgnathie aus dem Archiv der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, der Klinik für Kieferorthopädie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, und der kieferorthopädischen Praxis Dr. Beyer in Schleswig zusammengetragen. Aus diesem Datenpool wurden Patienten mit skelettaler Klasse-II- oder III-Anomalie und Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten im Hinblick auf ausgewählte kieferorthopädische Behandlungsapparaturen herausgefiltert und hinsichtlich der Therapieeffekte unterschiedlicher kieferorthopädischer Behandlungsmethoden auf den pharyngealen Raum in Gruppen eingeteilt. Zusätzlich wurde eine Kontrollgruppe bestehend aus Patienten mit skelettaler Klasse I gebildet.

2.1 Patientenselektion

Von den 1000 Patienten waren 438 männlich, 562 Patienten waren weiblich. Das Durchschnittsalter der Patienten lag zum Behandlungsbeginn bei 12,9 Jahren, nach abgeschlossener Therapie bei durchschnittlich 16,6 Jahren. Die durchschnittliche Behandlungsdauer betrug 3,7 Jahre. Zusätzlich wurden alle Patienten in Altersgruppen eingeteilt (< 6 ; 6 bis 9 ; 9 bis 12 ; 12 bis 15 ; 15 bis 18 ; > 18 Jahre).

Je nach diagnostizierter skelettaler Anomalie und der jeweiligen angewandten kieferorthopädischen Behandlungsmethode wurden 664 Patienten in drei Hauptgruppen (HG) mit entsprechenden Untergruppen (UG) eingeteilt. Zum Vergleich der Ergebnisse zu den einzelnen Haupt- und Untergruppen wurden 336 Patientenfälle mit sagittal neutraler skelettaler Lagebeziehung zwischen Ober- und Unterkiefer (skelettale Klasse I) aus dem zusammengetragenen Datenpool gewählt (Abbildung 4). Die Patientenselektion innerhalb der einzelnen Untergruppen und ihre numerische Zusammensetzung ist in Tabelle 1 dargestellt.

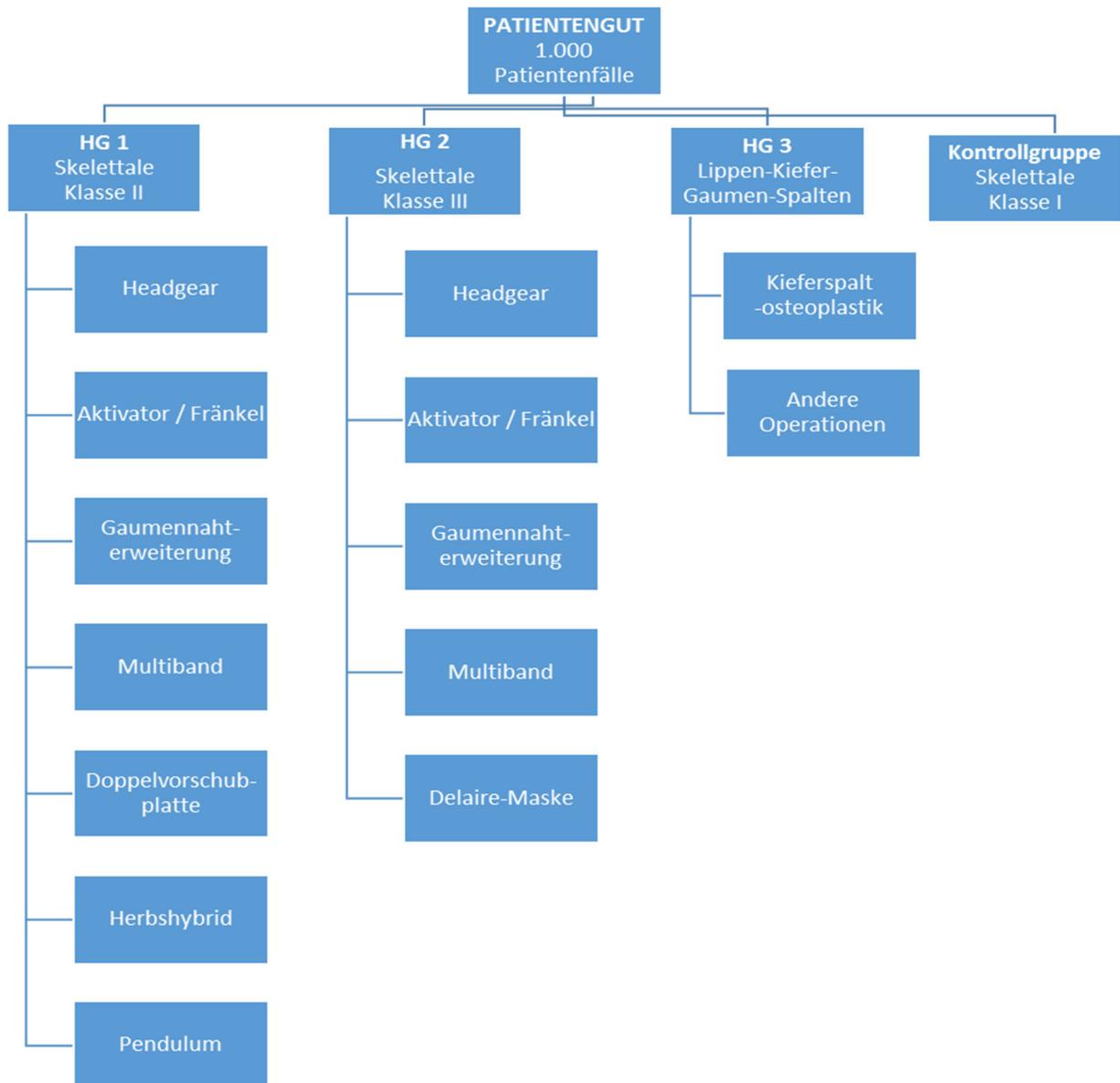


Abbildung 4: Unterteilung des Patientenguts in verschiedene Klassen der Dysgnathie und die jeweiligen verwendeten kieferorthopädischen Behandlungsmethoden

Hauptgruppe 1 (HG 1): skelettale Klasse II							(n = 466)
Untergruppe (UG)	Behandlungsmethode	n	♀	♂	Alter T1	Alter T2	Behandlungsdauer
1-1	Headgear	114	66	48	10,9	15,0	4,1
1-2	Aktivator / Fränkel	46	24	22	9,6	13,6	4,0
1-3	Gaumennahterweiterung	9	4	5	13,4	17,7	4,4
1-4	Multiband	46	19	27	14,7	18,3	3,6
1-5	Doppelvorschubplatte	162	87	75	10,8	14,3	3,5
1-6	Herbsthybrid	72	39	33	12,0	15,4	3,3
1-7	Pendulum	17	12	5	10,3	14,9	4,6

Hauptgruppe 2 (HG 2): skelettale Klasse III							(n = 63)
Untergruppe (UG)	Behandlungsmethode	n	♀	♂	Alter T1	Alter T2	Behandlungsdauer
2-1	Headgear	9	5	4	16,8	21,1	4,3
2-2	Aktivator / Fränkel	17	9	8	7,5	10,4	2,9
2-3	Gaumennahterweiterung	8	5	3	11,3	13,6	2,2
2-4	Multiband	13	8	5	20,9	24,8	4,0
2-5	Delaire-Maske	16	10	6	10,3	14,1	3,8

Hauptgruppe 3 (HG 3): Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten							(n = 135)
Untergruppe (UG)	Behandlungsmethode	n	♀	♂	Alter T1	Alter T2	Behandlungsdauer
3-1	Sekundäre Kieferspaltosteoplastik (Kieler Konzept)	24	7	17	9,2	15,2	6,0
3-2	andere Operationen	111	65	46	23,0	27,0	3,9

Kontrollgruppe (KG): skelettale Klasse I							(n = 336)
	Behandlungsmethode	n	♀	♂	Alter T1	Alter T2	Behandlungsdauer
4-1	andere Apparaturen	336	202	134	12,1	15,5	3,5

Tabelle 1: Patientenselektion innerhalb der Untergruppen

2.2 Messmethoden

Die Fernröntgenseitenbildanalyse (FRS) wurde 1931 von Hofrath und Broadbent nahezu gleichzeitig und unabhängig voneinander in die Kieferorthopädie eingeführt. Das FRS gehört in der Kieferorthopädie zu den Standardunterlagen. Es wird zur Diagnostik, Therapieplanung, Verlaufs- und Erfolgskontrolle verwendet. Meist wird es im Rahmen des Anfangs-, Zwischen- und Abschlussbefundes angefertigt.

2.2.1 Die kephalometrische Diagnostik des FRS

Mittels des FRS können metrische, reproduzierbare Analysedaten über die auszuwertenden Gesichtsschädelstrukturen erstellt werden, um die skelettalen und dentalen Verhältnisse in vertikaler und sagittaler Ebene, sowie die Weichgewebsstruktur zu beurteilen. Voraussetzung ist eine exakte Definition der kephalometrischen Parameter und ein definierter Standard der Röntgenaufnahmetechnik. Zur systematischen Analyse sind eindeutige Punktelokalisationen vorgegeben. Man unterscheidet Knochenpunkte, röntgenologische Punkte und konstruierte Punkte. Zudem gibt es Winkel und Strecken bzw. Ebenen, die sich zwischen den definierten Punkten ergeben. Ermittelt werden z.B. die Lagebeziehungen der Kiefer zueinander und zur Schädelbasis, die Differenzierung dentoalveolärer und skelettaler Dymorphologien, die Bestimmung des Wachstumsmusters bzw. -typs des Gesichtsschädels, die Messung der Achsenstellung der Front- und Seitenzähne und die Analyse des Weichteilprofils. Um Veränderungen des pharyngealen Raums und der betreffenden umliegenden dentofazialen Strukturen analysieren zu können, wird in der Literatur bei OSAS-Patienten neben der Computertomographie, der Magnetresonanztomographie und der Endoskopie häufig die kephalometrische Analyse im FRS herangezogen. So können die sagittale Dimension der pharyngealen Strukturen, die Größe der Uvula und die Position des Hyoids zur vorderen Schädelbasis und zum Unterkieferplanum zusätzlich zur herkömmlichen Auswertung bestimmt werden. Zudem können Größe und Lage der Zunge in sagittaler Ebene vermessen werden (Hochban and Brandenburg 1994; Lowe et al. 1994). Anhand dieser Methode können strukturelle Anomalien des Gesichtsschädels erfasst und im Vergleich zu klinischen Richtwerten ausgelesen werden (Battagel et al. 1998; Lowe et al. 1995). So ist es möglich, die Lokalisation struktureller Anomalien des Gesichtsschädels und deren systematische

Auswertung im Vergleich zu klinischen Normwerten vorzunehmen und eine entsprechend zuverlässige Therapie einzuleiten (Abbildung 5).



Abbildung 5: Fernröntgenseitenaufnahme des Schädels

2.2.2 Die computergestützte Auswertung des FRS

Von jedem Patienten wurde das vor der Behandlung erstellte Anfangs-FRS (Zeitpunkt T1/FRS 1) und jeweils ein zum Behandlungsabschluss gefertigtes End-FRS (Zeitpunkt T2/FRS 2) in die Bilddatenbank der Software Onyx Ceph™ eingefügt (Image Instruments, Chemnitz, Deutschland, SQL-basierte Client/Server-Windows™-Anwendung). Die kephalometrische Vermessung der in der Datenbank abgelegten zweidimensionalen Bilder umfasste die Erhebung diagnostisch aussagekräftiger Variablen, die sich aus der Lokalisation bestimmter Referenzpunkte im FRS be-

rechneten. Mithilfe von Onyx Ceph™ konnten die zur Vermessung benötigten Referenzpunkte im FRS digitalisiert, die Analyseergebnisse automatisch berechnet und in Form einer Durchzeichnung grafisch dargestellt werden. Zur Durchführung metrischer Analysen musste der Abbildungsmaßstab der Bildvorlage bekannt sein. Der eingeblendete Maßstab in der für FRS-Bilder relevanten Sagittalebene konnte dann für die Kalibrierung genutzt werden. Zur Skalierung wurde der Abstand der Messpunkte Norm A und Norm B als Referenzlänge festgelegt. Im Maßstab-Dialog konnte die metrische Distanz zwischen den markierten Referenzpunkten Norm A und Norm B in mm eingetragen werden. Die aus der angegebenen Punktliste für diese Studie ausgewählten 65 Messpunkte, die zur Berechnung der Resultate der Analysen benötigt wurden, konnten nach der Vermessung in der Resultatliste abgelesen und im Tabellenkalkulationsprogramm Excel ausgewertet werden.

2.2.3 Kephalometrische Vermessung des pharyngealen Raums

Zur kephalometrischen Vermessung wurden folgende Bezugspunkte und konstruierte Ebenen in das Anfangs- und End-FRS eingezeichnet (Abbildung 6):

- Oberkieferplanum (NL):
Linie zwischen Spina nasalis anterior (Spa) und Spina nasalis posterior (Spp)
- Okklusplanum (OE):
Linie zwischen Inzisalpunkt und den distalen Höckern der unteren 6er
- Unterkieferplanum (ML):
Linie zwischen Menton (Me) und Gonion (Go)

Ebenso wurden die dentalen und weichgeweblichen Strukturen des Gesichtsschädels in der Sagittalebene ausgewertet (Tabelle 2, Anhang).

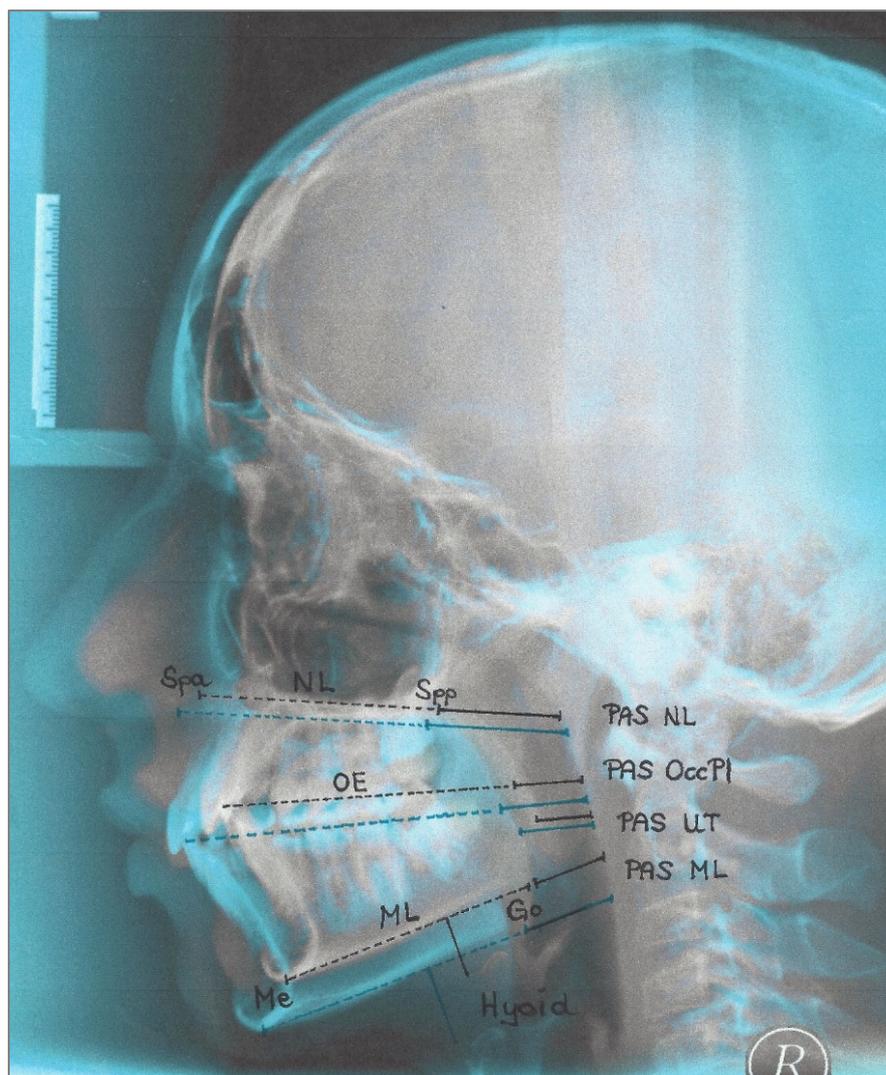


Abbildung 6: Überlagerung FRS 1/FRS 2
schwarz: FRS 1, blau: FRS 2

Auf dieser Basis erfolgte die zweidimensionale Vermessung und Beurteilung des pharyngealen Raums in vier Ebenen (Abbildung 6):

Veränderungen des Nasopharynx definierten sich durch

- (1) **PAS NL** Verlängerung der Ebene „NL“ von Spa zu Spp zur Hinterwand des Pharynx

Veränderungen des Oropharynx definierten sich durch

- (2) **PAS OccPI** Verlängerung der Okklusionsebene zur Hinterwand des Pharynx
- (3) **PAS UT** Strecke von der engsten Stelle zwischen Uvula und Hinterwand des Pharynx, parallel zur Okklusionsebene

Veränderungen des Hypopharynx definierten sich durch

- (4) **PAS ML** Verlängerung der Ebene „ML“ von Gn/Me zu Go zur Hinterwand des Pharynx
- (5) **Hyoid** Position des Hyoids (H) zum Unterkieferplanum. Als Referenzpunkt gilt der am weitesten kranial und anterior gelegene Punkt des Hyoids, welches dem Cornu anterior entspricht.

2.3 Statistische Auswertung

Alle ermittelten kephalometrischen Daten wurden mittels Microsoft Excel Professional Plus 2010 archiviert und mit der Software IBM SPSS* Statistics Version 23 deskriptiv ausgewertet. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mit der ein-faktoriellen ANOVA (Analysis of Variance) und dem Scheffé-Test ermittelt. Bei allen statistischen Berechnungen dieser Studie wurde ein Signifikanzniveau von 5% angenommen. Die Daten wurden explorativ ausgewertet (Tabelle 3, 4, 13). Alle Werte wurden zunächst mithilfe des Kolmogoroff-Smirnov-Tests auf Normalverteilung überprüft. Die Differenz T1 bis T2 kennzeichnet die therapeutischen Veränderungen innerhalb des Behandlungszeitraums. Um die signifikanten Veränderungen zu ermitteln, wurden t-Tests zwischen den Hauptgruppen durchgeführt. Zum Vergleich innerhalb der Hauptgruppen wurde der gepaarte t-Test angewandt. Werte $p < 5\%$ wurden als statistisch signifikant gewertet (Tabelle 3, Anhang). Auf Basis der erfolgten statistischen Parameteranalyse der einzelnen Patientengruppen erfolgte des Weiteren die Korrelationsanalyse nach Pearson. Der Korrelationskoeffizient r beschreibt den linearen Zusammenhang zwischen Merkmalen, um den Abhängigkeitsgrad zu ermitteln ($r = -1$ starke negative Korrelationen und $r = +1$ starke positive Korrelationen). Mit Hilfe dieser Analyse galt es herauszufinden, ob eine Beziehung zwischen der jeweiligen verwendeten Behandlungsapparatur und der Pharynxweite auf den definierten Ebenen besteht (Tabellen 10, 11, 12, Anhang).

3 Ergebnisse

Auf Basis des aus 1000 Patienten zusammengefassten Datenpools erfolgte die deskriptive Auswertung der Ergebnisse durch Ermittlung der Differenzen zwischen der prä- und posttherapeutischen Messanalyse T1 und T2 aus jeder Gruppe, um Behandlungseffekte zwischen den Hauptgruppen, aber auch innerhalb der einzelnen Untergruppen zu ermitteln und signifikante Unterschiede zu bestimmen.

Um die Veränderungen des pharyngealen Raums darzustellen, wurden die einzelnen PAS-Ebenen miteinander verglichen:

- (1) PAS NL
- (2) PAS OccPI
- (3) PAS UT
- (4) PAS ML
- (5) Position des Hyoids

Der Kolmogoroff-Smirnov-Test zeigte, dass die Messwerte normalverteilt sind. Die Messvariablen PAS NL, PAS OccPI, PAS UT, PAS ML und die Position des Hyoids ergaben einen signifikanten Unterschied auf dem 5 %-Signifikanzniveau zwischen T1 und T2 (Tabelle 3, Anhang). Im Vergleich der Hauptgruppen HG 1, HG 2 und HG 3 ergab sich auf dem 5%-Niveau kein signifikanter Unterschied. Zwischen männlichen und weiblichen Patienten und den Altersgruppen nach Taylor gab es auf dem 5%-Signifikanzniveau innerhalb des Behandlungszeitraums T1 bis T2 signifikante Unterschiede (Tabelle 4, Anhang).

3.1 Veränderung des PAS NL

Eine posttherapeutisch gemessene Erhöhung des Abstands von Spp zur Hinterwand des Pharynx, in Verlängerung der Ebene NL, bewirkte eine Erweiterung im Bereich des Nasopharynx (Abbildung 1).

3.1.1 PAS NL der Kontrollgruppe

Zum Vergleich der Ergebnisse des PAS NL wurden 336 Patienten (♂ 134, ♀ 202) mit skelettaler Klasse I (Behandlungsdauer von 3,5 Jahren) in einer Kontrollgruppe (KG) zusammengefasst. Die Auswertung der Daten dieser Gruppe ergab eine durchschnittliche Veränderung des PAS NL um 10,6% (SD = 31,9%) (Tabelle 5, Anhang). Bei etwa 2/3 der Patienten aus der Kontrollgruppe kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Zunahme des PAS NL um 3,50mm (SD = 3,26mm), identisch bei männlichen und weiblichen Patienten. Bei etwa 1/3 der Patienten zeigten sich Unterschiede hinsichtlich des Geschlechts. Bei den männlichen Patienten verkleinerte sich der PAS NL um 3,68mm (SD = 5,24mm). Im Vergleich dazu, war die Verkleinerung des PAS NL bei den weiblichen Patienten mit 2,47mm (SD = 2,87mm) deutlich niedriger (Tabelle 9, Anhang). So ergab sich einerseits insgesamt eine Erweiterung des PAS NL um durchschnittlich 24,5% (SD = 32,3%), andererseits kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Verringerung des PAS NL um mittelwertig 12,2% (SD = 12,0%) (Abbildung 7; Tabelle 5, Anhang).

3.1.2 PAS NL der Hauptgruppe 1

In der Hauptgruppe 1 (HG 1), Patienten bei diagnostizierter skelettaler Klasse II, gingen 466 Patienten (♂ 215, ♀ 251) in die Berechnung ein. Im Behandlungszeitraum T1 bis T2 (durchschnittliche Behandlungsdauer 3,7 Jahre) kam es zu einer Veränderung des PAS NL von durchschnittlich 7,7% (SD = 25,2%) (Tabelle 5, Anhang). Zwischen männlichen und weiblichen Patienten konnten keine signifikanten Unterschiede gemessen werden ($p < 0,001$) (Tabelle 4, Anhang). Eine Vergrößerung des PAS NL um 3,31mm (SD = 2,80mm) ergab sich bei 287 Patienten (♂ 131, ♀ 156), während es bei 179 Patienten (♂ 84, ♀ 95) zu einer Verringerung um 2,76mm (SD = 2,98mm) kam (Tabelle 6, Anhang). In der HG 1-7, in der das Pendulum (P) zu therapeutischen Zwecken eingesetzt wurde, konnte die größte positive Veränderung analysiert werden. Es wurde eine Erweiterung des PAS NL um mittelwertig 4,58mm (SD = 4,25mm) gemessen. Ebenso kam es in der HG 1-5, die mittels Doppelvorschubplatte therapiert wurde, zu einer deutlichen Erweiterung des PAS NL um 3,83mm (SD = 3,06mm). In der Patientengruppe, die mit Hilfe der Gaumennaht-

erweiterungsapparatur (GNE) (HG 1-3) behandelt wurde, zeigte sich posttherapeutisch die geringste Erweiterung des PAS NL in anterior-posteriorer Richtung um durchschnittlich 2,20mm (SD = 1,87mm) (Abbildung 7; Tabelle 6, Anhang).

3.1.3 PAS NL der Hauptgruppe 2

Bei den 63 Patienten (♂ 26, ♀ 37) der Hauptgruppe 2 (HG 2), bei denen eine skelettale Klasse III vorlag, veränderte sich der Nasopharynx auf Ebene des PAS NL durch den Einsatz verschiedener Klasse-III-Apparaturen, bei einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von 3,4 Jahren, um 7,9% (SD = 27,4%) (Tabelle 5, Anhang). Dabei erhöhte sich der PAS NL bei 2/3 der Patienten um 3,15mm (SD = 3,92mm), bei 1/3 der Patienten senkte er sich um 3,20mm (SD = 3,10mm) (Tabelle 7, Anhang).

Die größte Erweiterung des Nasopharynx zeigte sich in der HG 2-5, in der die Delaire-Maske (DM) zum Einsatz kam. Der PAS NL vergrößerte sich im Behandlungszeitraum T1 bis T2 um 3,63mm (SD = 2,59mm). In der HG 2-3, in der Patienten mit Hilfe einer Gaumennahterweiterungsapparatur (GNE) behandelt wurden, kam es zu einem verhältnismäßig unterdurchschnittlichen positiven Effekt auf den PAS NL. In dieser Patientengruppe konnte lediglich eine geringe Erweiterung des Nasopharynx um 1,64mm (SD = 0,59mm) erfasst werden (Abbildung 7; Tabelle 7, Anhang).

3.1.4 PAS NL der Hauptgruppe 3

Die Hauptgruppe 3 (HG 3) schloss 135 Patienten (♂ 63, ♀ 72) mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ein. Im Durchschnitt ergab sich im Rahmen der sekundären Kieferspaltosteoplastik (KSO, n = 24) (Kieler Spaltkonzept) oder anderer Operationen der Kiefer (n = 111) eine Veränderung des Nasopharynx auf Ebene des PAS NL um 11,8% (SD = 31,9%) (Tabelle 5, Anhang). Die Veränderung des Nasopharynx infolge eines chirurgischen Eingriffs fiel bei den männlichen Patienten mit 18,0% (SD = 36,3%) insgesamt höher aus, als bei den weiblichen Patienten mit 6,3% (SD = 26,5%) (Tabelle 8, Anhang). Bei den männlichen Patienten, die mittels Kieferspaltosteoplastik therapiert wurden, kam es zu einer erheblichen Erweiterung des Nasopharynx. Der PAS NL vergrößerte sich postoperativ um 5,11mm (SD = 9,2mm) (Abbildung 7; Tabelle 8, Anhang).

3.1.5 Zusammenfassung

In der HG 1 ist die Erweiterung des Nasopharynx auf Ebene des PAS NL an erster Stelle durch Therapie mittels Pendulum und Doppelvorschubplatte eingetreten. Des Weiteren konnte durch die chirurgische Intervention mittels Kieferspaltosteoplastik in der HG 3 eine außerordentliche Zunahme des PAS NL gemessen werden. Zu einer lediglich geringen Erweiterung des Nasopharynx kam es in der HG 2 durch den Einsatz der Gaumennahterweiterungsapparatur (Abbildung 7).

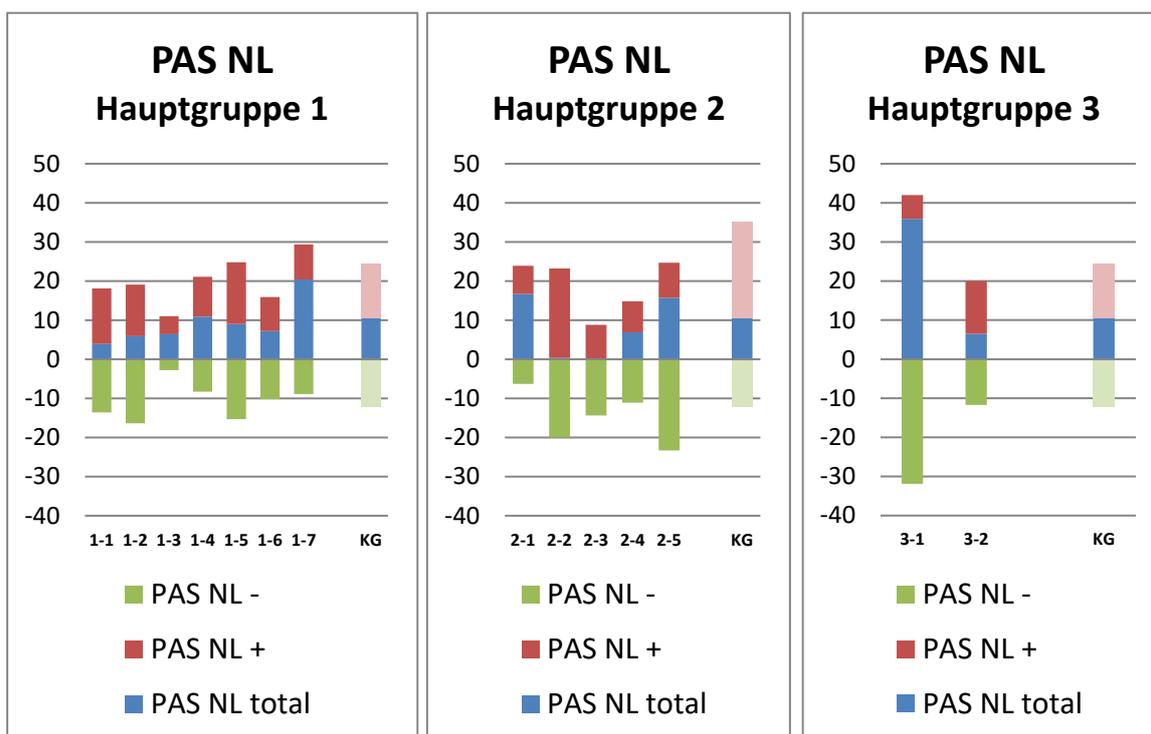


Abbildung 7: Prozentuale Veränderung des PAS NL der Hauptgruppen

HG 1-1: HG	= Headgear	HG 2-2: FKO	= FKO (Aktivator/Fränkel)
HG 1-2: FKO	= FKO (Aktivator/Fränkel)	HG 2-3: GNE	= Gaumennahterweiterung
HG 1-3: GNE	= Gaumennahterweiterung	HG 2-4: MB	= Multiband
HG 1-4: MB	= Multiband	HG 2-5: DM	= Delaire-Maske
HG 1-5: DVP	= Doppelvorschubplatte	HG 3-1: KSO	= sekundäre KSO
HG 1-6: HH	= Herbsthybrid	HG 3-2: aOP	= andere Operationen
HG 1-7: P	= Pendulum	KG	= Kontrollgruppe
HG 2-1: HG	= Headgear		

3.2 Veränderung des PAS OccPI

Eine posttherapeutisch gemessene Erhöhung des Abstands vom hinteren Ende der Okklusionsebene zur Hinterwand des Pharynx bewirkte eine Erweiterung im Bereich des Oropharynx (Abbildung 1).

3.2.1 PAS OccPI der Kontrollgruppe

Die Auswertung der Daten der KG ergab eine durchschnittliche Veränderung des PAS OccPI um 8,3% (SD = 39,6%) (Tabelle 5, Anhang). Bei etwa 50% der Patienten kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Erweiterung des Oropharynx um 2,16mm (SD = 2,10mm), identisch bei männlichen und weiblichen Patienten. Bei den verbliebenen 50% wurde bei den männlichen Patienten eine Verkleinerung von 2,18mm (SD = 2,62mm) gemessen. Im Vergleich dazu war die Verengung des Oropharynx bei den weiblichen Patienten mit 1,80mm (SD = 1,84mm) deutlich niedriger (Tabelle 9, Anhang). Es ergab sich insgesamt einerseits eine Erweiterung des PAS OccPI um durchschnittlich 28,5% (SD = 42,5%), andererseits kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Verringerung des PAS OccPI um mittelwertig 16,0% (SD = 14,3%) (Abbildung 8; Tabelle 5, Anhang).

3.2.2 PAS OccPI der Hauptgruppe 1

In der HG 1 kam es zu einer Veränderung des PAS OccPI um durchschnittlich 9,2% (SD = 35,8%) (Tabelle 5, Anhang). Zwischen männlichen und weiblichen Patienten konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Veränderung gemessen werden ($p = 0,000$) (Tabelle 4, Anhang). Eine Vergrößerung des PAS OccPI um 2,28mm (SD = 2,06mm) ergab sich bei 277 Patienten (♂ 129, ♀ 148), während es bei 189 Patienten (♂ 86, ♀ 103) zu einer Verringerung um 2,25mm (SD = 2,29mm) kam (Tabelle 6, Anhang). In der HG 1-7, in der das Pendulum (P) zu therapeutischen Zwecken eingesetzt wurde, ergab sich die größte positive Veränderung und damit eine Erweiterung des PAS OccPI um 3,46mm (SD = 2,50mm). In der Patientengruppe, die mit Hilfe des Multibands (MB) (HG 1-4) behandelt wurde, zeigte sich posttherapeutisch die geringste Erweiterung des Oropharynx um durchschnittlich 1,93mm (SD = 1,44mm) (Abbildung 8; Tabelle 6, Anhang).

3.2.3 PAS OccPI der Hauptgruppe 2

Bei den Patienten der HG 2 erweiterte sich der PAS OccPI durch den Einsatz verschiedener KFO-Apparaturen um durchschnittlich 11,1% (SD = 29,6%) (Tabelle 5, Anhang). Dabei erhöht sich der PAS OccPI bei etwa 50% der Patienten um durchschnittlich 2,42mm (SD = 1,85mm), bei den weiblichen Patienten mit 2,79mm (SD = 2,16mm) deutlich mehr, als bei den männlichen Patienten mit 1,81mm (SD = 0,96mm). Bei den verbliebenen 50% der Patienten senkte sich der PAS OccPI um 1,47mm (SD 1,43mm), identisch bei männlichen und weiblichen Patienten. In der HG 2-1 konnte, insbesondere durch den Einsatz des Headgear (HG), eine erhebliche Erweiterung des Oropharynx um 4,5mm (SD = 3,14mm) gemessen werden (Abbildung 8; Tabelle 7, Anhang).

3.2.4 PAS OccPI der Hauptgruppe 3

In der HG 3 ergab sich im Rahmen der chirurgischen LKG-Spalt-Therapie und anderer Operationen der Kiefer eine Veränderung des PAS OccPI um durchschnittlich 10,5% (SD = 37,7%) (Tabelle 5, Anhang). Bei den männlichen Patienten kam es im Zuge der sekundären Kieferspaltosteoplastik zu einer Erweiterung des Oropharynx um 6,99mm (SD = 5,03mm). Bei den weiblichen Patienten fiel die postoperative Erweiterung des Oropharynx mit 1,71mm (SD = 1,69mm) erheblich geringer aus (Abbildung 8; Tabelle 8, Anhang).

3.2.5 Zusammenfassung

Die größte Erweiterung des PAS OccPI ergab sich in der HG 2 durch Behandlung mittels Headgear. Ebenso konnte in der HG 1 im Rahmen der Pendulum-Therapie eine erhebliche Erweiterung gemessen werden. Zu einer Verkleinerung des Oropharynx kam es insbesondere in der HG 3 im Zuge der sekundären Kieferspaltosteoplastik (Abbildung 8; Tabelle 8, Anhang).

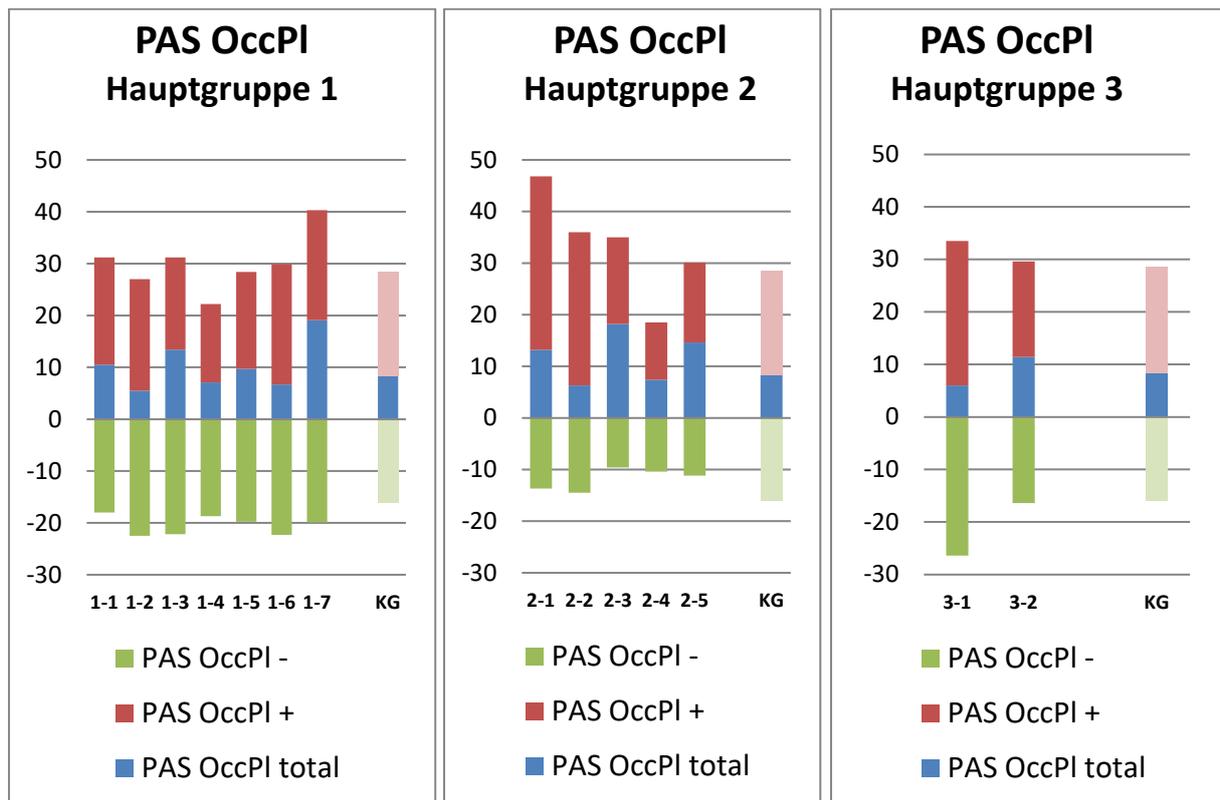


Abbildung 8: Prozentuale Veränderung des PAS OccPI der Hauptgruppen

HG 1-1: HG = Headgear
 HG 1-2: FKO = FKO (Aktivator/Fränkel)
 HG 1-3: GNE = Gaumennahterweiterung
 HG 1-4: MB = Multiband
 HG 1-5: DVP = Doppelvorschubplatte
 HG 1-6: HH = Herbsthybrid
 HG 1-7: P = Pendulum
 HG 2-1: HG = Headgear

HG 2-2: FKO = FKO (Aktivator/Fränkel)
 HG 2-3: GNE = Gaumennahterweiterung
 HG 2-4: MB = Multiband
 HG 2-5: DM = Delaire-Maske
 HG 3-1: KSO = sekundäre KSO
 HG 3-2: aOP = andere Operationen
 KG = Kontrollgruppe

3.3 Veränderung des PAS UT

Eine posttherapeutisch gemessene Erhöhung des Abstands von der engsten Stelle der Uvula zur Hinterwand des Pharynx, parallel zur Okklusionsebene, bewirkte eine Erweiterung im Bereich des Oropharynx (Abbildung 1).

3.3.1 PAS UT der Kontrollgruppe

Die Auswertung der Daten der KG ergab eine durchschnittliche Veränderung des PAS UT um 10,1% (SD = 37,7%) (Tabelle 5, Anhang). Bei mehr als 50% der Patienten kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Vergrößerung des PAS UT um 2,09mm (SD = 1,82mm). Bei den männlichen Patienten konnte mit 2,50mm (SD = 2,07mm) eine stärkere Erweiterung des PAS UT als bei den weiblichen Patienten mit 1,80mm (SD = 1,56mm) festgestellt werden. Die Daten der verbliebenen 50% der Patienten ließen eine Verkleinerung des PAS UT um 1,92mm (SD = 1,82mm) erkennen, wobei es im Vergleich bei den männlichen Patienten zu einer stärkeren Verkleinerung des PAS UT um 2,0mm (SD = 1,63mm), als bei den weiblichen Patienten mit 1,86mm (SD = 1,94mm) kam (Tabelle 9, Anhang). Es ergab sich insgesamt einerseits eine Erweiterung des Oropharynx auf Ebene des PAS UT um durchschnittlich 31,1% (SD = 35,8%), andererseits kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Verringerung des PAS UT um mittelwertig 18,2% (SD = 14,3%) (Abbildung 9; Tabelle 5, Anhang).

3.3.2 PAS UT der Hauptgruppe 1

In der HG 1 kam es zu einer Veränderung des Oropharynx auf Ebene des PAS UT um durchschnittlich 14,2% (SD = 52,4%) (Tabelle 5, Anhang). Zwischen männlichen und weiblichen Patienten konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Veränderung gemessen werden ($p < 0,001$) (Tabelle 4, Anhang). Eine Vergrößerung des PAS UT um 2,46mm (SD = 2,31mm) ergab sich bei 265 Patienten (♂ 123, ♀ 142), während es bei 201 Patienten (♂ 92, ♀ 109) zu einer Verringerung um 2,04mm (SD = 1,69mm) kam (Tabelle 6, Anhang). In der HG 1-3 ergab sich durch die Gaumennaht-erweiterung die größte positive Veränderung und damit eine Erweiterung des PAS UT um mittelwertig 3,80mm (SD = 3,03mm). In der Patientengruppe, die funktionskiefer-

orthopädisch (HG 1-2) behandelt wurde, zeigte sich posttherapeutisch die geringste Erweiterung des PAS UT in anterior-posteriorer Richtung um durchschnittlich 2,10mm (SD = 1,50mm) (Abbildung 9; Tabelle 6, Anhang).

3.3.3 PAS UT der Hauptgruppe 2

Bei den Patienten der HG 2 veränderte sich der Oropharynx auf Ebene des PAS UT durch den Einsatz verschiedener Klasse-III-Apparaturen um durchschnittlich 13,8% (SD = 39,4%) (Tabelle 5, Anhang). Dabei vergrößerte sich der PAS UT bei etwa 50% der Patienten um durchschnittlich 2,81mm (SD = 2,19mm), bei den verbleibenden 50% verringerte er sich um 1,65mm (SD = 1,15mm). Hier war ein deutlicher Unterschied innerhalb des Geschlechts zu erkennen (Tabelle 7, Anhang). Eine überdurchschnittliche Erweiterung des Oropharynx auf Ebene des PAS UT um etwa 5,18mm (SD = 3,39mm) zeigte sich in der HG 2-3, die mittels Gaumennahterweiterung (GNE) therapiert wurde. In der HG 2-2, die funktionskieferorthopädisch mittels Aktivator/Fränkler behandelt wurde, kam es zu einem verhältnismäßig unterdurchschnittlichen positiven Effekt auf den PAS UT. Es konnte lediglich eine geringe Erweiterung des Oropharynx um 1,55mm (SD = 0,51mm) in dieser Ebene gemessen werden (Abbildung 9; Tabelle 7, Anhang).

3.3.4 PAS UT der Hauptgruppe 3

In der HG 3 ergab sich im Rahmen der LKG-Spalt-Therapie und anderer Operationen der Kiefer eine Veränderung des PAS UT um 12,8% (SD = 39,6%) (Tabelle 5, Anhang). Der chirurgische Eingriff führte bei den männlichen Patienten mit 13,5% (SD = 45,7%) zu einer stärkeren Vergrößerung des unteren Oropharynx als bei den weiblichen Patienten mit 12,2% (SD = 33,8%) kam (Tabelle 9, Anhang). Die Vergrößerung des PAS UT der HG 3-1 um 3,73mm (SD = 4,90mm) war bei den männlichen Patienten erheblich höher als bei den weiblichen Patienten aus HG 3-1 mit 1,90mm (SD = 1,61mm) (Abbildung 9; Tabelle 8, Anhang).

3.3.5 Zusammenfassung

Insgesamt konnten in der HG1 und HG 2 die größten positiven Effekte durch den Einsatz der GNE erfasst werden. Eine erhebliche Verkleinerung des PAS UT ergab sich in der HG 3 im Rahmen der KSO (Abbildung 9; Tabelle 8, Anhang).

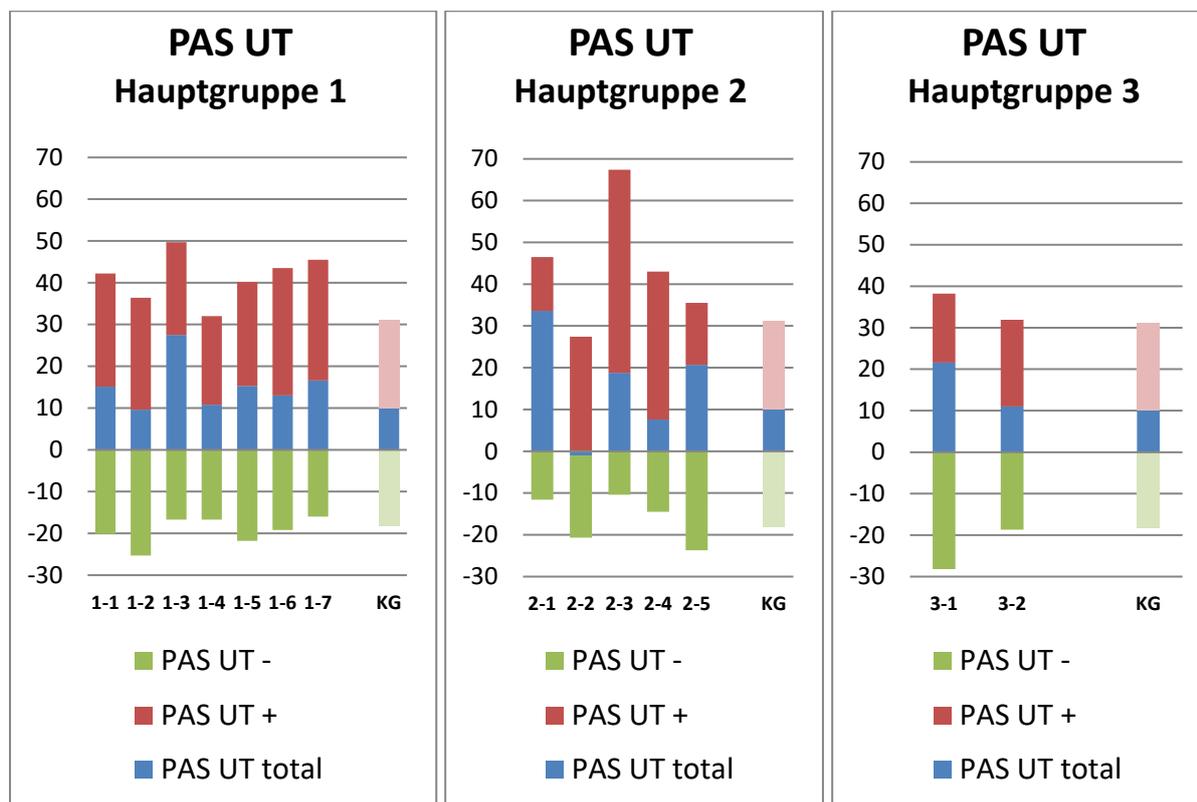


Abbildung 9: Prozentuale Veränderung des PAS UT der Hauptgruppen

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| HG 1-1: HG = Headgear | HG 2-2: FKO = FKO (Aktivator/Fränkel) |
| HG 1-2: FKO = FKO (Aktivator/Fränkel) | HG 2-3: GNE = Gaumennahterweiterung |
| HG 1-3: GNE = Gaumennahterweiterung | HG 2-4: MB = Multiband |
| HG 1-4: MB = Multiband | HG 2-5: DM = Delaire-Maske |
| HG 1-5: DVP = Doppelvorschubplatte | HG 3-1: KSO = sekundäre KSO |
| HG 1-6: HH = Herbsthybrid | HG 3-2: aOP = andere Operationen |
| HG 1-7: P = Pendulum | KG = Kontrollgruppe |
| HG 2-1: HG = Headgear | |

3.4 Veränderung des PAS ML

Eine posttherapeutisch gemessene Erhöhung des Abstands von Go zur Hinterwand des Pharynx, in Verlängerung zur Ebene ML, bewirkte eine Erweiterung im Bereich des Hypopharynx (Abbildung 1).

3.4.1 PAS ML der Kontrollgruppe

Die Auswertung der Daten der KG ergab eine durchschnittliche Veränderung des PAS ML um 2,6% (SD = 31,4%) (Tabelle 5, Anhang). Bei etwa 50% der Patienten kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Zunahme des PAS ML um 2,45mm (SD = 2,13mm), identisch bei männlichen und weiblichen Patienten. Eine Verkleinerung des Hypopharynx ließ sich bei den männlichen Patienten um 3,0mm (SD = 3,0mm), als auch bei den weiblichen Patienten um 2,73mm (SD = 2,24mm) erkennen (Tabelle 9, Anhang). So ergab sich insgesamt einerseits eine Erweiterung des PAS ML um durchschnittlich 25,7% (SD = 28,6%), andererseits kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Verringerung des PAS ML um mittelwertig 19,0% (SD = 13,2%) (Abbildung 10; Tabelle 5, Anhang).

3.4.2 PAS ML der Hauptgruppe 1

In der HG 1 kam es therapiebedingt zu einer Veränderung des Hypopharynx auf Ebene des PAS ML von durchschnittlich 6,6% (SD = 34,2%), wobei die männlichen und weiblichen Patienten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Veränderung ($p < 0,001$) aufwiesen (Tabelle 4, Anhang). Eine Vergrößerung des PAS ML um 2,80mm (SD = 2,41mm) ergab sich bei 243 Patienten (♂ 120, ♀ 123), während es bei 223 Patienten (♂ 95, ♀ 128) zu einer Verringerung um 2,50mm (SD = 2,27mm) kam (Tabelle 6, Anhang). In der HG 1-3, in der die GNE zu therapeutischen Zwecken eingesetzt wurde, konnte die größte positive Veränderung und damit eine Erweiterung des Hypopharynx auf Ebene des PAS ML um mittelwertig 3,03mm (SD = 1,37mm) erfasst werden (Abbildung 10; Tabelle 6, Anhang).

3.4.3 PAS ML der Hauptgruppe 2

Bei den Patienten der HG 2 veränderte sich der Hypopharynx auf Ebene des PAS ML durch den Einsatz verschiedener Klasse-III-Apparaturen um durchschnittlich 6,4% (SD = 24,7%) (Tabelle 5, Anhang). Dabei erweiterte sich der PAS ML bei 36 Patienten um durchschnittlich 2,58mm (SD = 2,25mm), bei den verbliebenen 27 Patienten verringerte er sich um 2,14mm (SD = 1,27mm). Hier war ein deutlicher Unterschied innerhalb des Geschlechts zu erkennen (Tabelle 7, Anhang). Eine überdurchschnittliche Erweiterung des PAS ML um 3,46mm (SD = 2,70mm) zeigte sich in der HG 2-3, die mittels Gaumennahterweiterung (GNE) therapiert wurde. In der HG 2-4, die mit Hilfe des Multiband (MB) behandelt wurde, kam es zu einem verhältnismäßig unterdurchschnittlichen positiven Effekt auf den PAS ML mit 2,15mm (SD = 2,15mm). Zu einer starken Verkleinerung des Hypopharynx kam es in der HG 2-2, in der Patienten funktionskieferorthopädisch therapiert wurden, dies bewies der negative Mittelwert von 3,12mm (SD = 1,16mm) (Abbildung 10; Tabelle 7, Anhang).

3.4.4 PAS ML der Hauptgruppe 3

In der HG 3 ergab sich im Rahmen der LKG-Spalt-Therapie und anderer Operationen der Kiefer eine Veränderung des PAS ML um 10,0% (SD = 44,1%) (Tabelle 5, Anhang), wobei die Veränderung des Hypopharynx infolge eines chirurgischen Eingriffs bei den männlichen Patienten mit 12,5% (SD = 56,6%) insgesamt höher ausfiel, als bei den weiblichen Patienten mit 7,7% (SD = 29,5%) (Tabelle 8, Anhang). Die Vergrößerung des Hypopharynx auf Ebene des PAS ML war bei den männlichen Patienten der HG 3-2 mit 4,07mm (SD = 3,48mm) deutlich höher, als bei den männlichen Patienten der HG 3-1 mit 3,35mm (SD = 4,76mm). Wiederum konnte bei den männlichen Patienten der HG 3-1 mit 4,16mm (SD = 4,43mm) eine erheblich größere Abnahme des PAS ML als bei den männlichen Patienten der HG 3-2 mit 3,03mm (SD = 2,06mm) errechnet werden (Abbildung 10; Tabelle 8, Anhang).

3.4.5 Zusammenfassung

Insgesamt konnten in der HG 1, als auch in der HG 2 die größten Erweiterungen des PAS ML durch den Einsatz der GNE erfasst werden. Die größten verengenden Effekte zeigten sich sowohl in der HG 1, als auch in der HG 2 durch Therapie mittels funktionskieferorthopädischen Apparaturen (Abbildung 10; Tabelle 8, Anhang).

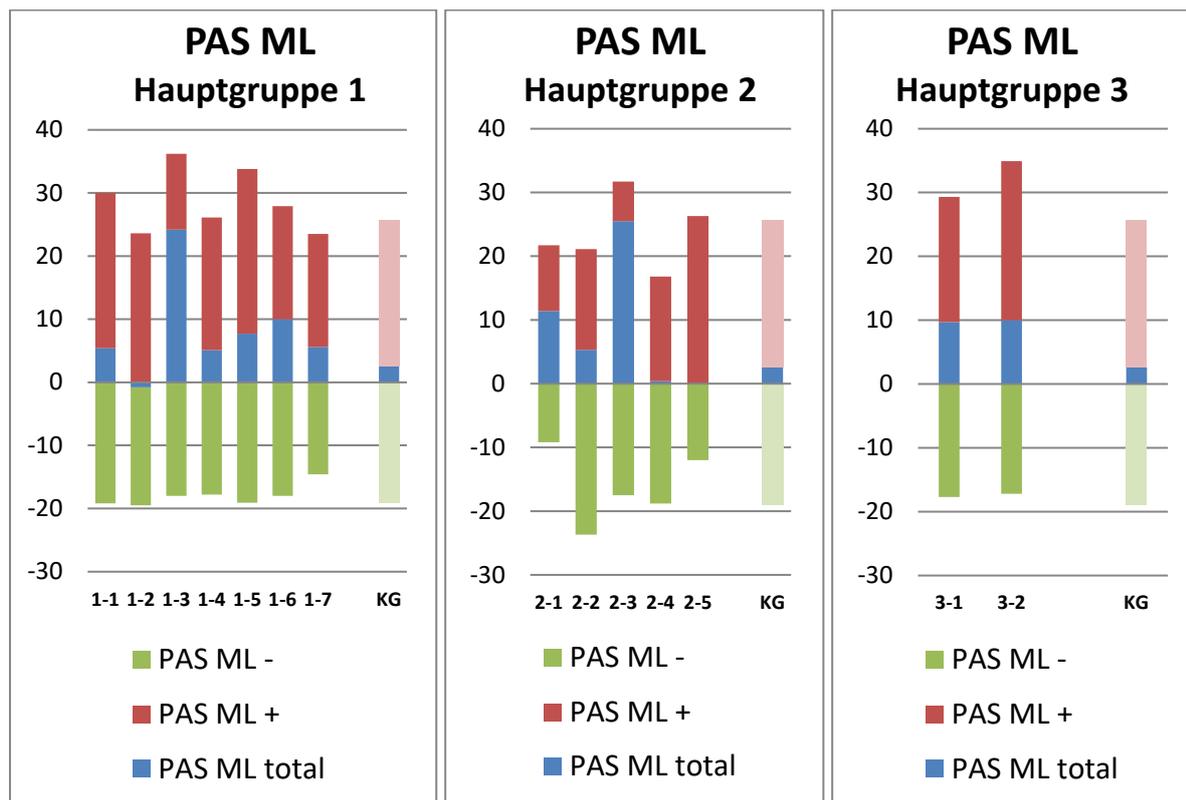


Abbildung 10: Prozentuale Veränderung des PAS ML der Hauptgruppen

HG 1-1: HG = Headgear
 HG 1-2: FKO = FKO (Aktivator/Fränkel)
 HG 1-3: GNE = Gaumennahterweiterung
 HG 1-4: MB = Multiband
 HG 1-5: DVP = Doppelvorschubplatte
 HG 1-6: HH = Herbsthybrid
 HG 1-7: P = Pendulum
 HG 2-1: HG = Headgear

HG 2-2: FKO = FKO (Aktivator/Fränkel)
 HG 2-3: GNE = Gaumennahterweiterung
 HG 2-4: MB = Multiband
 HG 2-5: DM = Delaire-Maske
 HG 3-1: KSO = sekundäre KSO
 HG 3-2: aOP = andere Operationen
 KG = Kontrollgruppe

3.5 Veränderung des Hyoids

Eine posttherapeutisch gemessene Erhöhung des Abstands des Hyoids zum Unterkieferplanum bewirkte eine Erweiterung des Hypopharynx (Abbildung 1).

3.5.1 Hyoid der Kontrollgruppe

Die Auswertung der Daten der KG ergab eine durchschnittliche Lageveränderung des Hyoids um 20,9% (SD = 51,3%) (Tabelle 5, Anhang). Bei 2/3 der Patienten kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie zu einer Verlagerung des Hyoids nach kaudal um 4,03mm (SD = 3,66mm). Bei 1/3 der Patienten kam es bei den männlichen zu einer kranial gerichteten Lageveränderung des Hyoids um 4,07mm (SD = 3,32mm). Im Vergleich dazu, war diese bei den weiblichen Patienten mit 2,48mm (SD = 1,62mm) erheblich niedriger (Tabelle 9, Anhang). So ergab sich insgesamt einerseits eine kaudal gerichtete Positionsänderung des Hyoids um durchschnittlich 44,0% (SD = 50,2%) und damit eine Erweiterung des Hypopharynx, andererseits kam es im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie auch zu einer kranial gerichteten Lageveränderung des Hyoids um mittelwertig 19,5% (SD = 16,0%), die eine Verengung des Hypopharynx bewirkte (Abbildung 11; Tabelle 5, Anhang).

3.5.2 Hyoid der Hauptgruppe 1

In der HG 1 kam es zu einer Lageveränderung des Hyoids von durchschnittlich 25,0% (SD = 59,4%) (Tabelle 5, Anhang), wobei die männlichen und weiblichen Patienten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Veränderung ($p < 0,001$) zeigten (Tabelle 4, Anhang). Eine kaudal gerichtete Positionsveränderung des Hyoids um 4,40mm (SD = 3,72mm), die eine Erweiterung des Hypopharynx bewirkte, konnte bei 307 Patienten (♂ 146, ♀ 161) gemessen werden, während es bei 159 Patienten (♂ 69, ♀ 90) im Rahmen der Therapie zu einer kranialen Verlagerung des Hyoids um 3,55mm (SD = 3,89mm) und so zu einer Verengung des Hypopharynx kam (Tabelle 6, Anhang). In der HG 1-7, in der das Pendulum (P) zu therapeutischen Zwecken eingesetzt wurde, konnte die größte positive, kaudal gerichtete Lageveränderung des Hyoids gemessen werden. Der Hypopharynx erweiterte sich um mittelwertig 5,97mm (SD = 7,91mm). In der Patientengruppe, die mit Hilfe des Multibands (MB) (HG 1-4) behandelt wurde,

zeigte sich posttherapeutisch die geringste kaudal gerichtete Lageveränderung des Hyoids um durchschnittlich 4,02mm (SD = 3,21mm) (Abbildung 11; Tabelle 6, Anhang).

3.5.3 Hyoid der Hauptgruppe 2

In der HG 2 veränderte sich die Position des Hyoids durch den Einsatz verschiedener Klasse-III-Apparaturen um durchschnittlich 7,9% (SD = 39,2%) (Tabelle 5, Anhang). Bei etwa 50% der Patienten kam es zu einer kaudal gerichteten Lageveränderung des Hyoids um durchschnittlich 3,96mm (SD = 3,52mm), bei den verbliebenen 50% der Patienten verlagerte sich das Hyoid um 3,03mm (SD = 3,06mm) kranial. Hier war ein deutlicher Unterschied innerhalb des Geschlechts erkennbar (Tabelle 7, Anhang). Eine überdurchschnittlich kaudal gerichtete Lageveränderung des Hyoids zeigte sich in der HG 2-1, die mittels Headgear (HG) therapiert wurde. Der Hypopharynx erweiterte sich um 6,7mm (SD = 7,32mm). Die größte kranial gerichtete Positionsänderung des Hyoids ergab sich in der HG 2-5 durch den Einsatz der Delaire-Maske. Folglich kam es in dieser Patientengruppe zu einer erheblichen Verengung des Hypopharynx um 4,40mm (SD = 4,14mm) (Abbildung 11; Tabelle 7, Anhang).

3.5.4 Hyoid der Hauptgruppe 3

In der HG 3 ergab sich im Rahmen der LKG-Spalt-Therapie und anderer Operationen der Kiefer eine Lageveränderung des Hyoids um 11,9% (SD = 52,0%) (Tabelle 5, Anhang), wobei die Veränderung des Hypopharynx infolge eines chirurgischen Eingriffs bei den männlichen Patienten mit 18,5% (SD = 62,7%) insgesamt erheblich größer ausfiel als bei den weiblichen Patienten mit 6,3% (SD = 40,1%) (Tabelle 8, Anhang). Die Erweiterung des Hypopharynx durch die Kaudalverlagerung des Hyoids war bei den männlichen Patienten der HG 3-1 mit 8,56mm (SD = 4,58mm) deutlich stärker als bei den männlichen Patienten der HG 3-2 mit 5,61mm (SD = 5,93mm). Die größte Verengung des Hypopharynx, durch die Kranialverlagerung des Hyoids, zeigte sich bei den weiblichen Patienten der HG 3-2 mit 4,03mm (SD = 4,03mm) (Abbildung 11; Tabelle 8, Anhang).

3.5.5 Zusammenfassung

Die größte Kaudalverlagerung des Hyoids wurde in der HG 1, insbesondere durch den Einsatz des Pendulums, gemessen. In der HG 2 konnte vor allem der Headgear einen positiven Effekt bewirken. Darüber hinaus zeigte sich in der HG 2 eine Kranialverlagerung des Hyoids durch Therapie mittels Delaire-Maske. Zu einer erheblichen Kaudalverlagerung des Hyoids kam es ebenfalls in der HG 3 im Rahmen der KSO (Abbildung 11; Tabelle 8, Anhang).

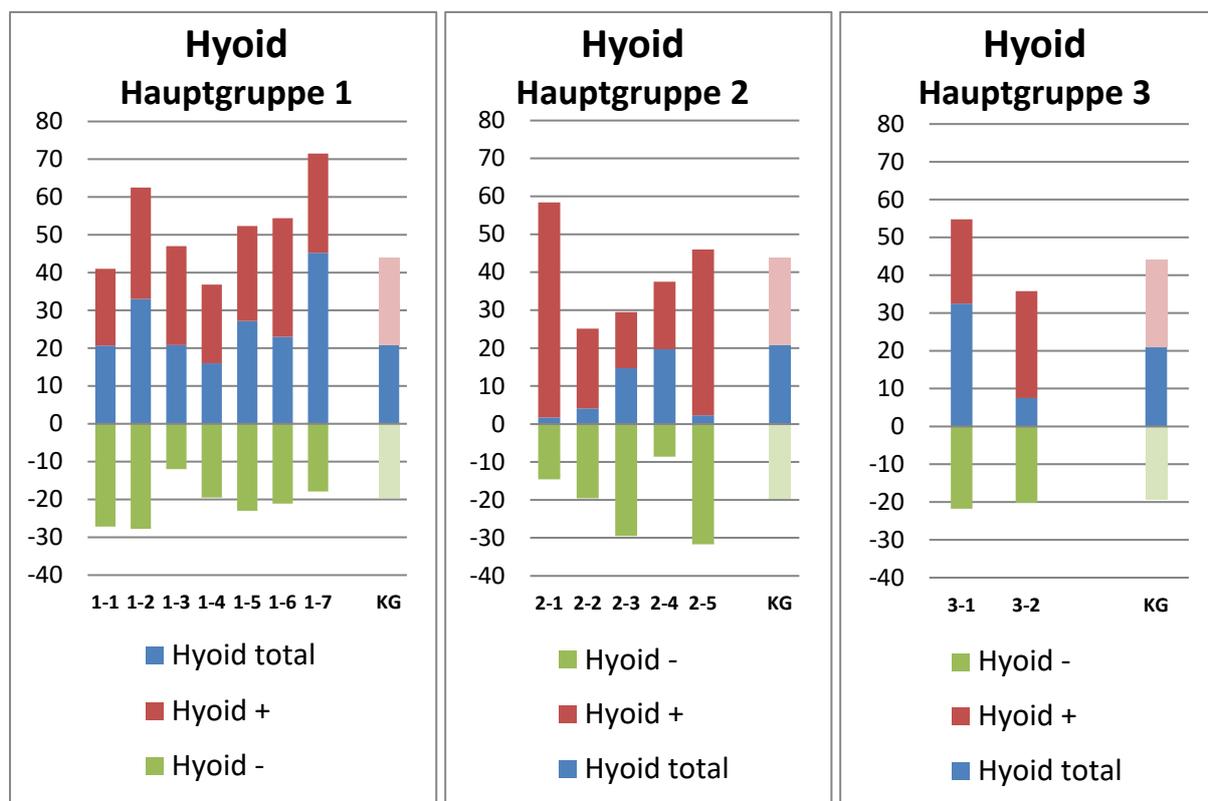


Abbildung 11: Prozentuale Veränderung des Hyoids der Hauptgruppen

- | | | | |
|-------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| HG 1-1: HG | = Headgear | HG 2-2: FKO | = FKO (Aktivator/Fränkel) |
| HG 1-2: FKO | = FKO (Aktivator/Fränkel) | HG 2-3: GNE | = Gaumennahterweiterung |
| HG 1-3: GNE | = Gaumennahterweiterung | HG 2-4: MB | = Multiband |
| HG 1-4: MB | = Multiband | HG 2-5: DM | = Delaire-Maske |
| HG 1-5: DVP | = Doppelvorschubplatte | HG 3-1: KSO | = sekundäre KSO |
| HG 1-6: HH | = Herbsthybrid | HG 3-2: aOP | = andere Operationen |
| HG 1-7: P | = Pendulum | KG | = Kontrollgruppe |
| HG 2-1: HG | = Headgear | | |

3.6 Beurteilung des pharyngealen Raums in allen Ebenen

Bei Errechnung der Partialkorrelation, ausgenommen des Einflusses des Geschlechts (Kontrollvariable), ergab sich eine starke positive Korrelation ($r = 0,705$) zwischen der Differenz des PAS OccPI und des PAS UT ($p = 0,000$). Die beiden Ebenen stehen in diesem Fall in einem starken linearen Zusammenhang; je größer der PAS OccPI, desto größer der PAS UT. Eine mittelstarke positive Korrelation ($r = 0,503$) zeigte sich zwischen der Differenz des PAS UT und des PAS ML ($p = 0,000$). Die beiden Ebenen stehen in diesem Fall in einem mittelstarken linearen Zusammenhang; je größer der PAS UT, desto größer der PAS ML. Alle anderen Ebenen korrelieren lediglich gering positiv miteinander (Tabelle 10, Anhang).

Bei Errechnung der Partialkorrelation, ausgenommen des Einflusses der Therapievarianten (Kontrollvariable), ergab sich eine starke positive Korrelation ($r = 0,703$) zwischen der Differenz des PAS OccPI und des PAS UT ($p = 0,000$). Die beiden Ebenen stehen in diesem Fall in einem starken linearen Zusammenhang; je größer der PAS OccPI, desto größer der PAS UT. Eine mittelstarke positive Korrelation ($r = 0,503$) zeigte sich zwischen der Differenz des PAS UT und des PAS ML ($p = 0,000$). Die beiden Ebenen stehen in diesem Fall in einem mittelstarken linearen Zusammenhang; je größer der PAS UT, desto größer der PAS ML. Alle anderen Ebenen korrelieren lediglich gering positiv miteinander (Tabelle 11, Anhang).

Bei Errechnung der Partialkorrelation, ausgenommen des Einflusses der Altersgruppen nach Taylor (Kontrollvariable), ergab sich eine starke positive Korrelation ($r = 0,704$) zwischen der Differenz des PAS OccPI und des PAS UT ($p = 0,000$). Die beiden Ebenen stehen in diesem Fall in einem starken linearen Zusammenhang; je größer der PAS OccPI, desto größer der PAS UT. Eine mittelstarke positive Korrelation ($r = 0,505$) zeigte sich zwischen der Differenz des PAS UT und des PAS ML ($p = 0,000$). Die beiden Ebenen stehen in diesem Fall in einem mittelstarken linearen Zusammenhang; je größer der PAS UT, desto größer der PAS ML. Alle anderen Ebenen korrelieren lediglich gering positiv miteinander (Tabelle 12, Anhang).

Die geschlechtsspezifische Analyse der Kontrollgruppe zeigte die größte Häufigkeit der Veränderung des PAS OccPI bei den weiblichen Patienten. Mit der geringsten Häufigkeit veränderte sich der PAS NL bei den männlichen Patienten. In der Hauptgruppe 1 kam es durch die Doppelvorschubplatte (DVP) (HG 1-5) zu einer erheblichen Veränderung des PAS ML (♂ 26, ♀ 21). In der Hauptgruppe 2 ergab die Therapie

mittels Delaire-Maske (HG 2-5) eine große Veränderung des PAS ML (♂ 3, ♀ 5). Die geringste Veränderung zeigte sich im PAS NL durch den Einsatz der Gaumennahterweiterungsapparatur (GNE) und des Multiband (MB). Bei den LKGS- Patienten der HG 3 veränderte sich im Rahmen der chirurgischen Therapie mit dem PAS ML und der Position des Hyoids vor allem der Hypopharynx. Insgesamt ist die Veränderung im PAS ML am größten (♂ 127, ♀ 128), gefolgt von der Lageveränderung des Hyoids (♂ 106, ♀ 124), (Tabelle 6, 7, 8, 9, Anhang).

Um den gesamten pharyngealen Raum zu beurteilen, wurden abschließend die Veränderungen der PAS-Ebenen parallel bewertet. Bei einer ausschließlichen Vergrößerung bzw. Verkleinerung aller vier PAS-Ebenen im Rahmen einer kieferorthopädischen Therapie kann davon ausgegangen werden, dass sich der gesamte pharyngeale Raum verändert hat (Abbildung 12, 13).

Die Ergebnisse zeigten, dass es bei:

- (1) Klasse-II-Patienten (HG 1) zu einer Vergrößerung der Ebenen um 23,2% und einer Verkleinerung der Ebenen um 12,8% kam.
- (2) Klasse-III-Patienten (HG 2) zu einer Vergrößerung der Ebenen um 21,2% und, einer Verkleinerung der Ebenen um 11,6% kam.
- (3) LKG-Spalt-Patienten (HG 3) zu einer Vergrößerung der Ebenen um 20,6% und einer Verkleinerung der Ebenen um 11,1% kam.
- (4) Klasse-I-Patienten (KG) zu einer Vergrößerung der Ebenen um 28,1% und einer Verkleinerung der Ebenen um 9,6% kam.

		Hauptgruppen				
		1	2	3	KG	gesamt
PAS- Ebenen +	NL	43	56	7	14	120
	OccPI	74	86	12	30	202
	UT	64	96	11	24	195
	ML	77	129	20	29	255
	4	78	99	13	38	228
	%	23,2	21,2	20,6	28,1	22,8
	n	336	466	63	135	1000
<hr/>						
PAS- Ebenen -	NL	79	101	13	39	232
	OccPI	77	131	20	29	257
	UT	64	95	11	24	194
	ML	73	85	12	30	200
	4	43	54	7	13	117
	%	12,8	11,6	11,1	9,6	11,7
	n	336	466	63	135	1000

Abbildung 12: Veränderung des pharyngealen Raums in allen PAS Ebenen für die Hauptgruppen (HG) und die Kontrollgruppe (KG).

		Hauptgruppen				
		1	2	3	KG	gesamt
PAS-Ebenen +	NL	29	26	6	6	67
	OccPI	52	72	6	25	155
	UT	61	85	14	25	185
	ML	64	92	14	27	197
	Hyoid	69	109	13	28	219
	5	61	82	10	24	177
	%	18,2	23,4	20,6	20,7	21,9
	n	336	466	63	135	1000
PAS-Ebenen -	NL	64	84	10	25	183
	OccPI	69	112	13	28	222
	UT	65	90	14	27	196
	ML	60	85	14	25	184
	Hyoid	51	71	6	25	153
	5	27	24	6	5	62
	%	8,0	15,2	9,5	18,5	15,3
	n	336	466	63	135	1000

Abbildung 13: Veränderung des pharyngealen Raums in allen PAS Ebenen und Hyoid für die Hauptgruppen (HG) und die Kontrollgruppe (KG).

Fazit: Insgesamt konnte in allen Hauptgruppen, einschließlich der Kontrollgruppe, eine Vergrößerung des pharyngealen Raums um etwa 22,8% und eine Verkleinerung um etwa 11,7% gemessen werden (Abbildung 12). Bei Betrachtung des Hyoids zeigte sich, dass sich die Werte ähnlich verhielten. Lediglich in der Kontrollgruppe haben sich die Werte verdoppelt (18,5%) (Abbildung 13). Weiterhin stellte sich heraus, dass es im Behandlungszeitraum T1 bis T2 in allen Hauptgruppen zu erheblichen Veränderungen in den PAS-Ebenen NL, ML und der Lage des Hyoids kam. Die PAS-Ebenen UT und OccPI veränderten sich lediglich gering. In der Kontrollgruppe wiederum, konnten die größten Veränderungen im PAS NL und der Lage des Hyoids gemessen werden. Die geringsten Veränderungen zeigten sich im PAS UT.

4 Diskussion

4.1 Patientenkollektiv und Methodik

Der dieser retrospektiven Studie zugrunde liegende Datenpool aus insgesamt 1000 Patienten unterschiedlicher Dysgnathieklassen stellte eine breite Basis zur Ermittlung aller empirischen Daten dar. Je nach diagnostizierter Dysgnathie erfolgte eine Einteilung der Patienten in drei Hauptgruppen. Entsprechend ihrer kieferorthopädischen Therapie wurden jeweils mehrere Untergruppen gebildet.

Die kephalometrische Analyse des Anfangs- und End-FRS eines jeden Patienten umfasste die Erhebung diagnostisch aussagekräftiger Variablen, die sich aus der Lokalisation bestimmter Referenzpunkte berechneten. So konnten skelettale Veränderungen der Maxilla und der Mandibula, des Hyoids, als auch Veränderungen der Weichgewebe des pharyngealen Raums dokumentiert werden.

Die Ergebnisse dieser Studie registrierten alle therapeutischen und wachstumsbedingten hervorgerufenen Effekte in ihrer Gesamtheit. Die geschlechtsspezifische Verteilung, das Alter zum Zeitpunkt T1 und T2, sowie die Behandlungsdauer, variierten innerhalb der Patientengruppen. Limitationen ergaben sich hinsichtlich der Heterogenität der Patientendaten und der Auswertung des pharyngealen Raums anhand des FRS. Darüber hinaus erlaubten die Messwerte keine Aussage über die Compliance der Patienten, welche den therapeutischen Effekt mit Sicherheit beeinflusste.

4.2 Kephalemtrische Vermessung des FRS

Im Rahmen dieser Studie wurden ausschließlich Behandlungsfälle ausgewählt, bei denen FRS vorlagen, die einen möglichst hohen röntgenologischen Kontrast, aber auch eine gute Detailschärfe aller zur Beurteilung notwendigen Strukturen aufwiesen. Relevante Referenzpunkte des FRS wurden digitalisiert, die Analyseergebnisse automatisch berechnet und in Form einer Durchzeichnung grafisch dargestellt. Zur besseren Diagnostik der strukturellen Details und zur Erleichterung des Auffindens von Bezugspunkten bot sich eine Reihe von Möglichkeiten der Bildmanipulation. Die individuelle Befundung des FRS konnte zum Beispiel durch Kontrast- und Helligkeitsanpassungen der relevanten Strukturen qualitativ verbessert werden. Sichtbare

Doppelkonturen der Bildvorlage wurden gemittelt. Zur Kalibrierung wurde der eingblendete Maßstab in der für FRS-Bilder relevanten Sagittalebene genutzt. Die kephalometrische Analyse ermöglicht die Erfassung und Auswertung struktureller anatomischer Abnormitäten, wobei die Qualität des Röntgenbildes maßgeblich das Auffinden der genormten anatomischen Bezugspunkte beeinflusst (Rakosi 1979). Die Kephalemetrie kann trotz wertvoller Strukturdiagnostik lediglich eine statische Momentaufnahme des Schädels bieten. OSAS ist jedoch eine Atemregulationsstörung, die während des Schlafes auftritt. Die Aussage des FRS wäre bei einem liegenden Probanden wahrscheinlich korrekter, da sich Zunge und Uvula in einer anderen Position befinden (Hudgel et al. 1988; Pae et al. 1994; Rose et al. 2002). Daher stellt sich die Frage, ob eine kephalometrische Diagnostik der Probanden in Rückenlage zuverlässigere Messwerte liefert (Lowe et al. 1997). Darüber hinaus erlaubt ein FRS lediglich die kephalometrische Interpretation in der Sagittalebene, die transversale Dimension wird nicht berücksichtigt. Eine ergänzende Diagnostik durch dreidimensionale Bildgebungsverfahren, wie CT oder MRT, ist für eine ganzheitliche Analyse unabdingbar. In der vorliegenden Studie erfolgte die kephalometrische Vermessung und Beurteilung des pharyngealen Luftraumes in vier definierten Ebenen. Die Verlängerung der Ebene NL zwischen den Referenzpunkten Spa und Spp zur Hinterwand des Pharynx bezeichnet den PAS NL. Die Verlängerung der Okklusionsebene zur Hinterwand des Pharynx stellt den PAS OccPI dar. Den PAS UT bildet die Strecke der engsten Stelle zwischen Uvula und Hinterwand des Pharynx parallel zur Okklusionsebene und die Verlängerung der Ebene ML von Gn/Me zu Go zur Hinterwand des Pharynx beschreibt den PAS ML. Außerdem wurde die Position des Hyoids zum Unterkieferplanum ermittelt. In Studien von FRANSSON (Fransson et al. 2002) und ROSE (Rose et al. 2002) erfolgte die metrische Analyse des pharyngealen Raums ebenfalls anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen, in vier definierten Ebenen. Eine Messung auf der Spina- und Okklusionsebene wurde in beiden Studien gleichermaßen durchgeführt, allerdings wählte ROSE das Velum als anterioren Bezugspunkt auf Höhe der Okklusionsebene. Kritisch zu bewerten ist die Genauigkeit der Messung, da das Velum durch seine weichgewebliche Struktur eine hohe Mobilität und Variabilität aufweisen kann. Hingegen wurde in der Studie von FRANSSON (Fransson et al. 2002) der Zungengrund als anteriorer Begrenzungspunkt des Pharynx verwendet, da Zungengrund und Pharynxhinterwand aufgrund der Fascia praevertebralis im FRS kontraststark darstellbar sind.

4.3 Interpretation der Ergebnisse

Zahlreiche wissenschaftliche Studien belegen, dass bestimmte skelettale und weichgewebliche kraniofaziale Veränderungen eine Erkrankung, wie die obstruktive Schlafapnoe, prädisponieren (Guilleminault 1984; Hochban and Brandenburg 1994; Johnston et al. 1981; Miles et al. 1996; Riley et al. 1983; Schafer 1982; Strelzow et al. 1988). Skelettal bedingte Anomalien, wie ein hypoplastisches Mittelgesicht, eine Rücklage des Ober- und Unterkiefers und der sogenannte dolichofaziale Gesichtstyp, gehen häufig mit einer Einengung der oberen Luftwege einher und begünstigen damit die Entstehung eines sogenannten obstruktiven Schlafapnoe-Syndroms (OSAS). (Hochban and Brandenburg 1994; Hochban et al. 1994).

Ziel dieser Dissertation war es, strukturelle Veränderungen des pharyngealen Raums etablierter kieferorthopädischer Therapien in Abhängigkeit verschiedener Klassen der Dysgnathie zu erfassen und die Möglichkeit einer Korrelation der Ausprägung eines OSAS zu untersuchen. Die in den vorab aufgestellten Thesen erläuterte Annahme, kieferorthopädische Behandlungen der skelettalen Klasse-II-Dysgnathie bewirkten eine Erweiterung des pharyngealen Raums, werden durch die Ergebnisse dieser Studie bestätigt. Die Untersuchungen belegen, dass eine kieferorthopädische Therapie bei einer diagnostizierten skelettalen Klasse II durch Vorverlagerung des Unterkiefers, ggf. in Kombination mit einer Nachentwicklung des Oberkiefers insgesamt einen vorwiegend erweiternden Effekt auf den pharyngealen Raum hat. Unter den analysierten Klasse-II-Behandlungsapparaturen bewirkte vor allem das Pendulum durch Distalisierung der Oberkiefermolaren eine erhebliche Erweiterung im Naso-, Oro- und Hypopharynx (PAS NL, PAS OccPI, PAS UT, Position des Hyoids). Darüber hinaus vergrößerte der Einsatz der Doppelvorschubplatte durch Bisslagekorrektur des Unterkiefers und transversale Dehnung des Oberkiefers insbesondere den Naso- und Hypopharynx (PAS NL, PAS ML). Zudem konnten nennenswerte positive Effekte durch die transversale Aufdehnung des Oberkiefers mittels Gaumennahterweiterungsapparat vor allem im Oro- und Hypopharynx (PAS OccPI, PAS UT, PAS ML) beobachtet werden. Außerdem kann die vorliegende Studie belegen, dass die Therapie der skelettalen Klasse II mittels funktionskieferorthopädischen Apparaturen, wie Aktivator nach Andresen und Häupl und Funktionsregler nach Fränkel zu einer deutlichen Vergrößerung des Naso-, Oro- und Hypopharynx in allen Ebenen führt.

Funktionskieferorthopädische Geräte zeichnen sich durch ihre skelettalen und dentoalveolären Effekte aus, welche durch Änderung von Funktionsmustern bewirkt werden. Studien belegen, dass der AHI bei obstruktiver Schlafapnoe durch funktions-therapeutische Apparaturen, die zu einer Vorverlagerung des Unterkiefers führen, signifikant verbessert werden kann (Rose et al. 2004). Bei einer skelettalen Klasse-II-Dysgnathie kann die Rücklage des Unterkiefers eine Verengung des pharyngealen Raums bewirken. Eine retrale skelettale Lageanomalie des Unterkiefers und eine Rückverlagerung des Oberkiefers, aber auch ein hypoplastisches Mittelgesicht, gegebenenfalls einhergehend mit einer ein- oder beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte können prädisponierend für die Entstehung eines OSAS sein (Hochban and Brandenburg 1994; Hochban et al. 1994). In Folge der Nachentwicklung des Unterkiefers bei Patienten der skelettalen Klasse II kommt es zu einer Erweiterung des hinteren Rachenraumes und einer Reduzierung des Risikos eines OSAS (Rose and Schessl 2006). Eine Vorverlagerung des Unterkiefers kann ebenso durch ein Herbst-Scharnier nach Emil Herbst oder dessen später entwickelte Hybride bewirkt werden. Studien belegen die erfolgreiche Therapie eines OSAS mithilfe dieser festsitzenden Apparaturen (Eveloff et al. 1994; Howe 1987; Rider 1988). Bei Patienten mit einer skelettalen Klasse II zeigt sich eine Rücklage des Unterkiefers (mandibuläre Retrognathie), welche zu einer Verengung des pharyngealen Raums führen kann, so dass eine partielle oder gar vollständige Obstruktion resultiert. Im Hinblick der Effekte der untersuchten Behandlungsmöglichkeiten in ihrer Gesamtheit zeigen die Studienergebnisse der Patienten mit einer skelettalen Klasse II eine Erweiterung des Pharyngealraums (PAS-Gesamt) um 23,2% und eine Verengung um lediglich 12,8%, so dass ein überwiegend positiver, ggf. protektiver Einfluss auf die Behandlung eines gleichzeitig vorliegenden OSAS anzunehmen ist. Hingegen zeichnet Patienten mit einer skelettalen Klasse III eine Vorverlagerung des Unterkiefers (mandibuläre Prognathie) aus. Die in den Thesen geäußerte Vermutung, kieferorthopädische Behandlungen der skelettalen Klasse III führten überwiegend zu einer Verengung des pharyngealen Raums, kann die vorliegende Studie jedoch widerlegen. Die Ergebnisse zeigen, dass es je nach verwendeter Behandlungsapparatur zu einem vorwiegend positiven Effekt durch Wachstumshemmung des Unterkiefers, ggf. in Kombination mit einer Nachentwicklung des Oberkiefers kommt. Allen voran bewirkte insbesondere die Delaire-Maske im Naso- und Hypopharynx (PAS NL, PAS ML, Position des Hyoids) eine erhebliche Erweiterung in der Sagittalebene. Die Delaire-Maske ist eine

gesichtsorthopädische Apparatur, sie dient zum einen der Wachstumsförderung des Mittelgesichts und zum anderen der Wachstumshemmung des Unterkiefers (Kilicoglu and Kirlic 1998). Nennenswerte positive Effekte stellten sich ebenso durch Therapie mittels Headgear heraus. So vergrößerte die Apparatur vor allem den Naso-, Oro- und Hypopharynx (PAS NL, PAS OccPI, PAS UT, Position des Hyoids). Eine Erklärung für die starke Vergrößerung des Naso- und Oropharynx ist vermutlich die Anregung des Wachstums des Mittelgesichts. Die den Oberkiefer aufdehnende Gaumennaht-erweiterungsapparatur hingegen vergrößerte vornehmlich den Oro- und Hypopharynx (PAS OccPI, PAS UT, PAS ML). Außerdem konnte in der Hauptgruppe 2 eine starke Vergrößerung des Oro- und Hypopharynx (PAS NL, PAS OccPI, PAS ML) durch funktionskieferorthopädische Apparaturen beobachtet werden. Die Effekte der Klasse-III-Behandlungsapparaturen auf den pharyngealen Raum der Dysgnathiepatienten ergeben in ihrer Gesamtheit (PAS-Gesamt) eine Erweiterung um 21,2% und eine Verengung um 11,6%, so dass bei einem einhergehenden OSAS ein überwiegend positiver Einfluss auf respiratorische Parameter angenommen werden kann. Die individuelle skelettale Anatomie bei Patienten mit ein- oder beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten zeigt häufig ein hypoplastisches Mittelgesicht, einhergehend mit einer Verengung des Pharyngealraums und einer Lageveränderung des Hyoids. Eine zuverlässige, etablierte Therapiemöglichkeit dieser kraniofazialen Anomalie bietet das kieferorthopädische/ kieferchirurgische Kieler Spaltkonzept. Dabei steht zunächst die postnatale Therapie mittels Trinkplatte zur Sicherung der Nahrungsaufnahme des Kindes im Vordergrund. Die individuell angefertigte Gaumenplatte verhindert zudem die Einlagerung der Zunge in den Spalt und begünstigt so die Annäherung der Alveolarfortsätze. Der chirurgische Verschluss der Lippenspalte wird etwa im vierten Lebensmonat, der des Gaumens zwischen dem zehnten und zwölften Lebensmonat vollzogen. Die im Wechselgebiss folgende sekundäre Kieferspaltosteoplastik stabilisiert die Alveolarfortsätze bereits vor Durchbruch des permanenten Eckzahns und ermöglicht damit die regelrechte Positionierung der im Spalt lokalisierten Zähne. Das Kieler Spaltkonzept beeinflusst maßgeblich die Entwicklung des Mittelgesichts. Es vereint einen möglichst späten Spaltverschluss mit der Sicherung eines optimalen Knochenangebots für einen ungehinderten Durchbruch der im Spalt befindlichen Zähne. Die Erwartung, dass die chirurgische Therapie von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten eine Erweiterung des pharyngealen Raums zur Folge hat, konnten die Ergebnisse der vorliegenden retrospektiven Studie bestätigen. Die Therapie von

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten durch das interdisziplinäre kieferorthopädische/kieferchirurgische Spaltkonzept in Kiel, die sekundäre Kieferspaltosteoplastik, führte zu einer erheblichen Erweiterung im Naso- und Hypopharynx (PAS NL, Position des Hyoids). Durch die chirurgische Intervention erweiterte sich der pharyngeale Raum (PAS-Gesamt) in der Gruppe der Lippen-Kiefer-Gaumenspalt-Patienten insgesamt um 20,6%. Außerdem konnte ein negativer Effekt, der zu einer Verengung des pharyngealen Raums führte gemessen werden (11,1%). Daher kann bei einem einhergehenden OSAS insgesamt ein positiver therapiebegleitender Einfluss angenommen werden. Zahlreiche wissenschaftliche Studien belegen, dass die Lokalisation des Hyoids mit dem Ausprägungsgrad der obstruktiven Schlafapnoe korreliert. Je stärker die Ausprägung der obstruktiven Schlafapnoe, desto mehr ist das Hyoid in kaudoventraler Richtung verlagert (Battagel et al. 2000; Lowe et al. 1997; Rose et al. 2002). Allen Hauptgruppen zum Vergleich wurde eine Kontrollgruppe mit Patienten der skelettalen Klasse I aufgestellt. Es handelte sich um Patienten mit neutraler Lagebeziehung der Kiefer zur Schädelbasis. Eine erhebliche Erweiterung konnte insbesondere im Oro- und Hypopharynx (PAS UT, Position des Hyoids) gemessen werden. Insgesamt kam es in der Kontrollgruppe zu einer Vergrößerung des pharyngealen Raums (PAS-Gesamt) um 28,1% und zu einer Verkleinerung um 9,6%, so dass ein überwiegend positiver Effekt beobachtet werden konnte. Eine individuelle, sorgfältige Diagnostik durch sich ergänzende Verfahren ist unabdingbar, um ausreichende Informationen zur Befundung des jeweiligen Patientenfalles zusammenzutragen. Die Bedeutung prädisponierender Faktoren sollte im Sinne einer gezielten individuellen Therapieplanung berücksichtigt werden.

4.3.1 Signifikanz der Ergebnisse

Nach Prüfung auf Normalverteilung der Messwerte, wurden zur Bestimmung von Behandlungseffekten sowohl zwischen den Hauptgruppen, als auch innerhalb der Untergruppen, die Differenzen zwischen prä- und posttherapeutischer Messanalyse T1 und T2 ermittelt. Nachfolgend wurden alle Ergebnisse auf Grundlage des 5%-Signifikanzniveaus ($p = 0,05$) ausgewertet. Im Vergleich zwischen den Hauptgruppen, als auch ihren Untergruppen, ergaben sich auf dem 5%-Niveau keine signifikanten Unterschiede. Hinsichtlich der Altersgruppen nach Taylor zeigten sich im PAS NL ($p = 0,012$), im PAS OccPI ($p = 0,045$), als auch der Lageveränderung des Hyoids ($p =$

0,000) signifikante Unterschiede. Der Einfluss des altersabhängigen physiologischen Wachstums auf den Pharynx zeigt im Alter von 6 bis 9 und 12 bis 15 Jahren den größten Effekt auf seine Entwicklung, während es zwischen dem 9.- und 12. sowie 15.- und 18. Lebensjahr zu lediglich geringen wachstumsbedingten Veränderungen des Pharynx kommt (Taylor et al. 1996). Im Vergleich der Ergebnisse zwischen den Geschlechtern konnten lediglich in der Lageveränderung des Hyoids signifikante Unterschiede ermittelt werden ($p = 0,019$) (Tabellen 3, 4, Anhang). Die größte Kaudalverlagerung des Hyoids zeigte sich bei den männlichen Patienten, so dass es in dieser Ebene vornehmlich zu einer Erweiterung des Hypopharynx kam. Die größte Kranialverlagerung hingegen ließ sich bei den weiblichen Patienten beobachten. Eine Positionsänderung des Hyoids nach kranial bewirkte eine Verengung des Hypopharynx. Im Hinblick des Einflusses der Kontrollvariablen, wie Therapievarianten, Geschlecht, sowie Altersgruppen nach Taylor, zeigte sich bei Errechnung der Partialkorrelation ein starker linearer Zusammenhang zwischen den Ebenen PAS OccPI und PAS UT. Je größer die Veränderung des PAS OccPI, desto größer die Veränderung des PAS UT. Ein mittelstarker Zusammenhang konnte zwischen den Ebenen PAS UT und PAS ML errechnet werden. Je größer die Veränderung des PAS UT, desto größer die Veränderung des PAS ML (Tabellen 10, 11, 12, Anhang).

4.4 Klinische Relevanz

Die Kephalometrie bietet ein etabliertes, standardisiertes Verfahren zur Beurteilung kraniofazialer Beziehungen. Sie ermöglicht es strukturelle Veränderungen des pharyngealen Raums gegebenenfalls in Korrelation mit einer obstruktiven Schlafapnoe zu erfassen, um im Sinne einer Primärprävention relevante kieferorthopädische Anomalien gezielt und frühzeitig korrigieren zu können (Partinen et al. 1988). Allerdings ist zu bedenken, dass die kephalometrische Analyse anhand des FRS keine Informationen zur Volumenbeurteilung des pharyngealen Raums liefert. Ergänzend können Aufnahmetechniken, wie CT und MRT hinzugezogen werden. Die Notwendigkeit einer CT sollte sensibel geprüft werden, da eine hohe Strahlenexposition auf den Organismus einwirkt. Die MRT hingegen stellt eine nicht-invasive Methode dar, die aufgrund des hohen Kontrastes eine verlässliche Beurteilung der Weichteilverhältnisse für die Diagnostik einer obstruktiven Schlafapnoe bietet (Jager et al. 1998). Besteht der Verdacht auf eine obstruktive Schlafapnoe, ist es zur weiteren

Diagnostik unabdingbar, eine Polysomnographie im Schlaflabor vorzunehmen. Eine regelmäßige Kontrolle des Behandlungsverlaufs im Hinblick auf zu erwartende Veränderungen respiratorischer Variablen ist unerlässlich. Der therapeutische Effekt kann im Rahmen der Behandlung ausbleiben, ebenso kann es zu einer Verschlechterung der respiratorischen Parameter kommen (Rose et al. 2002). Darüber hinaus ist die Abklärung weichgeweblicher Veränderungen des Pharynx sinnvoll, da Tonsillenhyperplasien und Adenoide Vegetationen, vor allem bei Kindern, eine obstruktive Schlafapnoe verursachen können. Diese anatomisch-strukturellen Risikofaktoren können durch Tonsillektomie oder Adenotomie behoben werden (Lind and Lundell 1982; Stuck et al. 2008). Durch eine umfangreiche klinische Diagnostik können strukturelle Veränderungen des pharyngealen Raums frühzeitig erfasst werden und einen ersten Hinweis auf eine mögliche Prädisposition einer obstruktiven Schlafapnoe geben. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei pathogenetischen Auffälligkeiten der oberen Atemwege die kephalometrische Analyse anhand des FRS zwar wertvolle Informationen zur Beurteilung der pharyngealen Anatomie bietet, eine fachgerechte ergänzende Evaluation durch weitere diagnostische Verfahren zur ganzheitlichen Befundung jedoch unerlässlich ist. In Anbetracht präventivorientierter kieferorthopädischer Behandlungsalternativen nimmt die Zusammenarbeit zwischen schlafmedizinisch erfahrenen Pneumologen und kieferorthopädisch ausgebildeten Zahnärzten einen großen Stellenwert ein.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden kephalometrische Untersuchungen durchgeführt, die den Einfluss kieferorthopädischer Behandlungen auf den pharyngealen Raum darstellen. Im Fokus stand das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom, da strukturelle Anomalien des Schädels und der Weichgewebe im Kopf-Hals-Bereich als prädisponierende Faktoren dieser Erkrankung gelten.

Ziel dieser Studie war es, strukturelle Veränderungen des pharyngealen Raums etablierter kieferorthopädischer Therapien in Abhängigkeit verschiedener Klassen der Dysgnathie zu erfassen und die Möglichkeit einer Korrelation der Ausprägung eines OSAS zu untersuchen, um relevante kraniofaziale Anomalien präventionsorientiert korrigieren zu können.

Untersucht wurde ein Datenpool von insgesamt 1000 Dysgnathie-Patienten. Darunter 466 Patienten mit skelettaler Klasse II, 63 Patienten mit skelettaler Klasse III, und 135 Patienten mit ein- oder beidseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Zum Vergleich der Ergebnisse diente eine Kontrollgruppe von 336 Patienten der skelettalen Klasse I. Alle Dysgnathie-Patienten wurden nach kieferorthopädischer Behandlungsmethode, Alter und Geschlecht eingeteilt. Des Weiteren erfolgte eine prä- und posttherapeutische kephalometrische Analyse des pharyngealen Raums anhand des Fernröntgenseitenbildes, um strukturelle Veränderungen während des Behandlungszeitraums zu erfassen.

Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die These, dass eine kieferorthopädische Therapie der skelettalen Klasse II einen vorwiegend positiven Einfluss auf den pharyngealen Raum hat. Eine erhebliche Erweiterung bewirkten insbesondere das Pendulum, die Doppelvorschubplatte und die Gaumennahterweiterungsapparatur. Allerdings widerlegen die Studienergebnisse die Annahme, kieferorthopädische Behandlungen der skelettalen Klasse III würden überwiegend zu einer Verengung des pharyngealen Raums führen, da sich insgesamt ein vorwiegend positiver Effekt zeigte. Allen voran bewirkten der Einsatz der Delaire-Maske, des Headgear, sowie der Gaumennahterweiterungsapparatur eine erhebliche Erweiterung. Darüber hinaus bestätigen die Ergebnisse die Erwartung, dass die chirurgische Therapie von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten eine Erweiterung des pharyngealen Raums zur Folge hat. Das interdisziplinäre kieferorthopädische/kieferchirurgische Kieler Spaltkonzept führte an erster Stelle zu einer Vergrößerung des Naso- und Hypopharynx. Zusammenfassend

lässt sich sagen, dass es in allen Hauptgruppen, einschließlich der Kontrollgruppe, im angegebenen therapeutischen Zeitraum zu einer Vergrößerung des pharyngealen Raums um etwa 22,8% und zu einer Verkleinerung um etwa 11,7% kam. Weiterhin zeigten sich in allen Hauptgruppen erhebliche Veränderungen im Naso- und Hypopharynx (PAS NL, PAS ML, Position des Hyoids). Hingegen veränderte sich der Oropharynx (PAS UT, PAS OccPI) lediglich gering. In der Kontrollgruppe konnten die größten Veränderungen im Naso- und Hypopharynx (PAS NL, Position des Hyoids) gemessen werden. Die geringsten Veränderungen zeigten sich im Oropharynx (PAS UT). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass eine kieferorthopädische, gegebenenfalls chirurgische Dysgnathie-Therapie, unter Berücksichtigung des altersabhängigen physiologischen Wachstums des Pharynx, positive Effekte auf den Posterior Airway Space, mit möglichem präventiven Charakter im Hinblick auf das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom, haben kann.

6 Literaturverzeichnis

- 1) Abad, V. C. and C. Guilleminault. 2009. "Treatment options for obstructive sleep apnea." *Curr Treat Options Neurol* 11(5):358-367.
- 2) Ali, N. J., D. J. Pitson and J. R. Stradling. 1993. "Snoring, sleep disturbance, and behaviour in 4-5 year olds." *Arch Dis Child* 68(3):360-366.
- 3) Andersson, L. and V. Brattstrom. 1991. "Cephalometric analysis of permanently snoring patients with and without obstructive sleep apnea syndrome." *Int J Oral Maxillofac Surg* 20(3):159-162.
- 4) Battagel, J. M., A. Johal and B. Kotecha. 2000. "A cephalometric comparison of subjects with snoring and obstructive sleep apnoea." *Eur J Orthod* 22(4):353-365.
- 5) Battagel, J. M., P. R. L'Estrange, P. Nolan and B. Harkness. 1998. "The role of lateral cephalometric radiography and fluoroscopy in assessing mandibular advancement in sleep-related disorders." *Eur J Orthod* 20(2):121-132.
- 6) Behlfelt, K., S. Linder-Aronson, J. McWilliam, P. Neander and J. Laage-Hellman. 1989. "Dentition in children with enlarged tonsils compared to control children." *Eur J Orthod* 11(4):416-429.
- 7) De Ponte, F. S., A. Brunelli, E. Marchetti and D. J. Bottini. 1999. "Cephalometric study of posterior airway space in patients affected by Class II occlusion and treated with orthognathic surgery." *J Craniofac Surg* 10(3):252-259.
- 8) Eckhart, J. E. 1998. "Comparisons of oral devices for snoring." *J Calif Dent Assoc* 26(8):611-623.
- 9) Enright, P. L., A. B. Newman, P. W. Wahl, T. A. Manolio, E. F. Haponik and P. J. Boyle. 1996. "Prevalence and correlates of snoring and observed apneas in 5,201 older adults." *Sleep* 19(7):531-538.
- 10) Eveloff, S. E., C. L. Rosenberg, C. C. Carlisle and R. P. Millman. 1994. "Efficacy of a Herbst mandibular advancement device in obstructive sleep apnea." *Am J Respir Crit Care Med* 149(4 Pt 1):905-909.
- 11) Finn, L., T. Young, M. Palta and D. G. Fryback. 1998. "Sleep-disordered breathing and self-reported general health status in the Wisconsin Sleep Cohort Study." *Sleep* 21(7):701-706.
- 12) Fleetham, J. A., K. A. Ferguson, A. A. Lowe and C. F. Ryan. 1996. "Oral appliance therapy for the treatment of obstructive sleep apnea." *Sleep* 19(10 Suppl):S288-290.

- 13) Flemons, W. W. 2002. "Clinical practice. Obstructive sleep apnea." *N Engl J Med* 347(7):498-504.
- 14) Fransson, A. M., A. Tegelberg, B. A. Svenson, B. Lennartsson and G. Isacson. 2002. "Influence of mandibular protruding device on airway passages and dentofacial characteristics in obstructive sleep apnea and snoring." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 122(4):371-379.
- 15) Guilleminault, C. 1984. "Diagnosis, pathogenesis, and treatment of the sleep apnea syndromes." *Ergeb Inn Med Kinderheilkd* 52:1-57.
- 16) Guilleminault, C., F. L. Eldridge and W. C. Dement. 1973. "Insomnia with sleep apnea: a new syndrome." *Science* 181(4102):856-858.
- 17) Guilleminault, C. and R. Pelayo. 1998. "Sleep-disordered breathing in children." *Ann Med* 30(4):350-356.
- 18) Guilleminault, C., M. Querra-Salva, S. Chowdhuri and D. Poyares. 2000. "Normal pregnancy, daytime sleeping, snoring and blood pressure." *Sleep Med* 1(4):289-297.
- 19) Heitmann, J., K. Ehlenz, T. Penzel, H. F. Becker, L. Grote, K. H. Voigt, J. H. Peter and C. Vogelmeier. 2004. "Sympathetic activity is reduced by nCPAP in hypertensive obstructive sleep apnoea patients." *Eur Respir J* 23(2):255-262.
- 20) Hochban, W. and U. Brandenburg. 1994. "Morphology of the viscerocranium in obstructive sleep apnoea syndrome--cephalometric evaluation of 400 patients." *J Craniomaxillofac Surg* 22(4):205-213.
- 21) Hochban, W., U. Brandenburg and J. H. Peter. 1994. "Surgical treatment of obstructive sleep apnea by maxillomandibular advancement." *Sleep* 17(7):624-629.
- 22) Hochban, W., U. Brandenburg and J. H. Peter. 1995. "[Surgical treatment of obstructive sleep apnea by maxillary and mandibular osteotomy]." *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 40:65-72.
- 23) Howe, R. P. 1987. "Removable plastic Herbst retainer." *J Clin Orthod* 21(8):533-537.
- 24) Hudgel, D. W., C. Hendricks and H. B. Hamilton. 1988. "Characteristics of the upper airway pressure-flow relationship during sleep." *J Appl Physiol* (1985) 64(5):1930-1935.

- 25) Jager, L., E. Gunther, J. Gauger and M. Reiser. 1998. "Fluoroscopic MR of the pharynx in patients with obstructive sleep apnea." *AJNR Am J Neuroradiol* 19(7):1205-1214.
- 26) Johnston, C., L. M. Taussig, C. Koopmann, P. Smith and J. Bjelland. 1981. "Obstructive sleep apnea in Treacher-Collins syndrome." *Cleft Palate J* 18(1):39-44.
- 27) Kilicoglu, H. and Y. Kirlic. 1998. "Profile changes in patients with class III malocclusions after Delaire mask therapy." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 113(4):453-462.
- 28) Koella, Werner P. 1988. *Sleep '86 : proceedings of the Eighth European Congress on Sleep Research, Szeged (Hungary), September 1-5, 1986.* Stuttgart ; New York: Gustav Fisher Verlag.
- 29) Lind, M. G. and B. P. Lundell. 1982. "Tonsillar hyperplasia in children. A cause of obstructive sleep apneas, CO₂ retention, and retarded growth." *Arch Otolaryngol* 108(10):650-654.
- 30) Lowe, A. A., J. A. Fleetham, S. Adachi and C. F. Ryan. 1995. "Cephalometric and computed tomographic predictors of obstructive sleep apnea severity." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 107(6):589-595.
- 31) Lowe, A. A., M. M. Ozbek, K. Miyamoto, E. K. Pae and J. A. Fleetham. 1997. "Cephalometric and demographic characteristics of obstructive sleep apnea: an evaluation with partial least squares analysis." *Angle Orthod* 67(2):143-153.
- 32) Lowe, A. A., J. D. Santamaria, J. A. Fleetham and C. Price. 1986. "Facial morphology and obstructive sleep apnea." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 90(6):484-491.
- 33) Lowe, B. F., Jr., C. Phillips, P. E. Lestrel and H. W. Fields, Jr. 1994. "Skeletal jaw relationships: a quantitative assessment using elliptical Fourier functions." *Angle Orthod* 64(4):299-308; discussion 309-210.
- 34) Mayer, G., W. Hochban and K. Meier-Ewert. 1995. "[Differential therapeutic aspects in treatment of obstructive sleep apnea syndrome]." *Nervenarzt* 66(4):293-298.
- 35) Miles, P. G., P. S. Vig, R. J. Weyant, T. D. Forrest and H. E. Rockette, Jr. 1996. "Craniofacial structure and obstructive sleep apnea syndrome--a qualitative analysis and meta-analysis of the literature." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 109(2):163-172.

- 36) Millman, R. P., C. L. Rosenberg and N. R. Kramer. 1998. "Oral appliances in the treatment of snoring and sleep apnea." *Otolaryngol Clin North Am* 31(6):1039.
- 37) Newman, A. B., P. L. Enright, T. A. Manolio, E. F. Haponik and P. W. Wahl. 1997. "Sleep disturbance, psychosocial correlates, and cardiovascular disease in 5201 older adults: the Cardiovascular Health Study." *J Am Geriatr Soc* 45(1):1-7.
- 38) Nieto, F. J., T. B. Young, B. K. Lind, E. Shahar, J. M. Samet, S. Redline, R. B. D'Agostino, A. B. Newman, M. D. Lebowitz and T. G. Pickering. 2000. "Association of sleep-disordered breathing, sleep apnea, and hypertension in a large community-based study. Sleep Heart Health Study." *JAMA* 283(14):1829-1836.
- 39) Ohayon, M. M., C. Guilleminault, R. G. Priest, J. Zully and S. Smirne. 2000. "Is sleep-disordered breathing an independent risk factor for hypertension in the general population (13,057 subjects)?" *J Psychosom Res* 48(6):593-601.
- 40) Ozbek, M. M., K. Miyamoto, A. A. Lowe and J. A. Fleetham. 1998. "Natural head posture, upper airway morphology and obstructive sleep apnoea severity in adults." *Eur J Orthod* 20(2):133-143.
- 41) Pae, E. K., A. A. Lowe, K. Sasaki, C. Price, M. Tsuchiya and J. A. Fleetham. 1994. "A cephalometric and electromyographic study of upper airway structures in the upright and supine positions." *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 106(1):52-59.
- 42) Partinen, M., C. Guilleminault, M. A. Quera-Salva and A. Jamieson. 1988. "Obstructive sleep apnea and cephalometric roentgenograms. The role of anatomic upper airway abnormalities in the definition of abnormal breathing during sleep." *Chest* 93(6):1199-1205.
- 43) Pontier, S., M. Matiuzzo, J. M. Mouchague, E. Garrigue, H. Roussel and A. Didier. 2007. "[General practice management of obstructive sleep apnea in the Midi-Pyrenees]." *Rev Mal Respir* 24(3 Pt 1):289-297.
- 44) Punjabi, N. M. 2008. "The epidemiology of adult obstructive sleep apnea." *Proc Am Thorac Soc* 5(2):136-143.
- 45) Quan, S. F., B. V. Howard, C. Iber, J. P. Kiley, F. J. Nieto, G. T. O'Connor, D. M. Rapoport, S. Redline, J. Robbins, J. M. Samet and P. W. Wahl. 1997. "The Sleep Heart Health Study: design, rationale, and methods." *Sleep* 20(12):1077-1085.
- 46) Rakosi, T. 1979. "[The telerradiograph]." *Zahnarztl Mitt* 69(22):1381-1386.

- 47) Rider, E. A. 1988. "Removable Herbst appliance for treatment of obstructive sleep apnea." *J Clin Orthod* 22(4):256-257.
- 48) Riley, R., C. Guilleminault, J. Herran and N. Powell. 1983. "Cephalometric analyses and flow-volume loops in obstructive sleep apnea patients." *Sleep* 6(4):303-311.
- 49) Rose, E. C. 2006. "The value of oral appliances in the treatment of obstructive sleep apnoea." *GMS Curr Top Otorhinolaryngol Head Neck Surg* 5:Doc03.
- 50) Rose, E. C., M. Germann, S. Sorichter and I. E. Jonas. 2004. "Case control study in the treatment of obstructive sleep-disordered breathing with an intraoral protrusive appliance." *J Orofac Orthop* 65(6):489-500.
- 51) Rose, E. C., R. Staats, M. Lehner and I. E. Jonas. 2002. "Cephalometric analysis in patients with obstructive sleep apnea. Part I: diagnostic value." *J Orofac Orthop* 63(2):143-153.
- 52) Rose, E. and J. Schessl. 2006. "Orthodontic procedures in the treatment of obstructive sleep apnea in children." *J Orofac Orthop* 67(1):58-67.
- 53) Schafer, M. E. 1982. "Upper airway obstruction and sleep disorders in children with craniofacial anomalies." *Clin Plast Surg* 9(4):555-567.
- 54) Solow, B., J. Ovesen, P. W. Nielsen, G. Wildschiodtz and A. Tallgren. 1993. "Head posture in obstructive sleep apnoea." *Eur J Orthod* 15(2):107-114.
- 55) Strelzow, V. V., R. H. Blanks, A. Basile and A. E. Strelzow. 1988. "Cephalometric airway analysis in obstructive sleep apnea syndrome." *Laryngoscope* 98(11):1149-1158.
- 56) Stuck, B. A., K. Gotte, J. P. Windfuhr, H. Genzwurker, H. Schrotten and T. Tenenbaum. 2008. "Tonsillectomy in children." *Dtsch Arztebl Int* 105(49):852-860; quiz 860-851.
- 57) Taylor, M., M. G. Hans, K. P. Strohl, S. Nelson and B. H. Broadbent. 1996. "Soft tissue growth of the oropharynx." *Angle Orthod* 66(5):393-400.
- 58) West, S. D., D. J. Nicoll and J. R. Stradling. 2006. "Prevalence of obstructive sleep apnoea in men with type 2 diabetes." *Thorax* 61(11):945-950.
- 59) Weyerer, S. and H. Dilling. 1991. "Prevalence and treatment of insomnia in the community: results from the Upper Bavarian Field Study." *Sleep* 14(5):392-398.
- 60) Yaggi, H. K., J. Concato, W. N. Kernan, J. H. Lichtman, L. M. Brass and V. Mohsenin. 2005. "Obstructive sleep apnea as a risk factor for stroke and death." *N Engl J Med* 353(19):2034-2041.

- 61) Yoffe, N., G. T. Clark, I. Blumenfeld, R. Peled, E. Peled and P. Lavie. 1995. "[Treatment of obstructive sleep apnea with anterior mandibular positioning device]." *Harefuah* 128(9):533-536, 600.
- 62) Young, T., L. Evans, L. Finn and M. Palta. 1997. "Estimation of the clinically diagnosed proportion of sleep apnea syndrome in middle-aged men and women." *Sleep* 20(9):705-706.
- 63) Young, T. and P. Peppard. 2000. "Sleep-disordered breathing and cardiovascular disease: epidemiologic evidence for a relationship." *Sleep* 23 Suppl 4:S122-126.

7 Anhang

S	Sella, Mittelpunkt der Sella turcica des Os sphenoidale
N	Nasion, Schnittpunkt zwischen Os frontale und Os nasale
Spa	Spina nasalis anterior, am weitesten anterior gelegener Punkt der Maxilla und vorderster Punkt der Apertura piriformis
Spp	Spina nasalis posterior, am weitesten posterior gelegener Punkt des harten Gaumens am Übergang zum Velum
A	Subspinale, tiefste Einziehung am Vorderrand der Maxilla
NL	Nasion-Sella-Ebene, Referenzlinie zur Neigung der Schädelbasis
OE	Okklusionsebene, Ebene durch die distobukkale Höckerspitze der UK-6er und durch den Punkt, an dem sich die OK/UK 1er zur Hälfte überlappen
Go	Gonion, konstruierter Schnittpunkt aus Mandibularebene und Ramuslinie
Me	Menton, kaudalster Punkt der Symphyse der Mandibular
H	Hyoid
B	Supramentale, tiefste Einziehung am Vorderrand der Symphyse des Unterkiefers
ML	Mandibularebene, vom Menton ausgehende und an der Basis der Mandibula verlaufende Tangente
UT	Spitze der Uvula

Tabelle 2: Messstrecken, -winkel, und -punkte der kephalometrischen Auswertung

Ebene	p-Wert NV	p-Wert t-test	p-wert Signifikanz HG-UG	p-Wert Scheffé	p-Wert Signifikanz Gruppen
PAS NL	0.040	0.000	0.435	> 0.999	0.879
PAS OccPI	0.054	0.000	0.903	> 0.999	0.852
PAS UT	0.042	0.000	0.543	> 0.999	0.740
PAS ML	0.051	0.000	0.187	> 0.999	0.055
Hyoid	0.379	0.000	0.503	> 0.997	0.122

Tabelle 3: Ergebnisse der statistischen Auswertung: Normalverteilung nach Kolmogorff-Smirnov (NV), gepaarter t-test (t-test), Signifikanz zwischen HG und UG (Signifikanz HG-UG), Mehrfachvergleich (nach Scheffé) und Signifikanz zwischen allen Gruppen (Signifikanz Gruppen) auf dem 5%-Niveau

Ebene	p-Wert Scheffé	p-Wert Bonferroni	p-Wert Signifikanz Geschlecht	p-Wert Signifikanz AG nach Taylor
PAS NL	> 0.985	> 0.9999	0.430	0.012
PAS OccPI	> 0.985	> 0.9999	0.774	0.045
PAS UT	> 0.985	> 0.9999	0.129	0.305
PAS ML	> 0.985	> 0.9999	0.305	0.786
Hyoid	> 0.985	> 0.9999	0.019	0.000

Tabelle 4: Ergebnisse der statistischen Auswertung: Mehrfachvergleich nach Scheffé und Bonferroni, Signifikanz zwischen den Gruppen für Geschlecht und Altersgruppen (AG) nach Taylor auf dem 5%-Niveau

Gruppen	HG 1			HG 2			HG 3			KG		
	MW	N	SD	MW	N	SD	MW	N	SD	MW	N	SD
PAS Ebenen												
%Diff PAS NL	7,7	466	25,2	7,9	63	27,4	11,8	135	31,9	10,6	336	31,9
PAS NL +	20,8	287	21,1	20,3	42	23,2	25,6	86	30,9	24,5	209	32,3
PAS NL -	-13,3	179	15,0	-16,8	21	16,0	-12,5	49	14,4	-12,2	127	12,0
%Diff PAS OccPI	9,2	466	35,8	11,1	63	29,6	10,5	135	37,7	8,3	336	39,6
PAS OccPL +	29,0	277	31,0	31,3	34	25,6	30,3	80	35,4	28,5	184	42,5
PAS OccPL -	-20,0	189	17,9	-12,4	29	9,9	-18,4	55	16,4	-16,0	152	14,3
%Diff PAS UT	14,2	466	52,4	13,8	63	39,4	12,8	135	39,6	10,1	336	37,7
PAS UT +	40,4	265	55,0	40,0	34	35,3	33,3	83	36,7	31,1	193	35,8
PAS UT -	-20,5	201	16,3	-17,0	29	12,2	-19,8	52	13,9	-18,2	143	14,3
%Diff PAS ML	6,6	466	34,2	6,4	63	24,7	10,0	135	44,1	2,6	336	31,4
PAS ML +	29,9	243	30,3	23,2	36	18,6	33,8	72	48,3	25,7	162	28,6
PAS ML -	-18,7	223	14,6	-16,0	27	8,8	-17,3	63	11,0	-19,0	174	13,2
%Diff Hyoid	25,0	466	59,4	7,9	63	39,2	11,9	135	52,0	20,9	336	51,3
PAS Hyoid +	49,9	307	57,6	35,6	32	33,3	40,3	72	56,0	44,0	214	50,2
PAS Hyoid -	-23,2	159	20,5	-20,8	31	18,8	-20,4	63	16,5	-19,5	122	16,0

Tabelle 5: Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Anzahl (n) der prozentualen Veränderungen (%Diff), sowie die Vergrößerungen (+) und Verkleinerungen (-) der PAS-Ebenen für die Hauptgruppen (HG) 1 bis 3 und die Kontrollgruppe (KG)

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
11	1	MW N SD	2,15 48 24,19	2,99 24 2,16	-2,67 24 3,35	10,89 48 44,38	2,24 28 2,17	-2,51 20 2,86	23,95 48 83,39	2,53 28 2,36	-1,8 20 1,63	-1,06 48 34,5	2,9 20 2,24	-3,22 28 2,99	19,03 48 61,68	4,44 31 3,58	-3,82 17 3,49
	2	MW N SD	5,14 66 22,18	3,07 39 3,05	-3,1 27 3,44	10,15 66 32,53	2,34 38 2,1	-2,27 28 2,84	8,58 66 41,08	2 36 1,93	-2,18 30 1,78	10,12 66 38,93	2,66 37 2,59	-2,19 29 2,47	21,86 66 40,84	3,78 49 2,89	-5,57 17 7,54
	total	MW N SD	3,88 114 22,99	3,04 63 2,73	-2,9 51 3,37	10,46 114 37,79	2,3 66 2,11	-2,37 48 2,82	15,05 114 62,62	2,23 64 2,13	-2,03 50 1,71	5,41 114 37,38	2,74 57 2,46	-2,7 57 2,76	20,67 114 50,44	4,04 80 3,17	-4,69 34 5,85
12	1	MW N SD	7,83 22 25,7	2,39 14 1,73	-3,29 8 4,26	6,97 22 43,1	2,04 13 1,57	-3,55 9 2,71	7,13 22 45,41	1,92 13 1,32	-4,12 9 1,9	-3,07 22 28,98	3,72 7 2,54	-2,85 15 1,73	24,29 22 49,34	5,05 14 3,98	-3,12 8 2,11
	2	MW N SD	4,22 24 23,44	2,96 15 1,98	-3,66 9 2,82	4,16 24 27,28	1,85 13 1,33	-1,73 11 0,98	11,76 24 38,57	2,27 13 1,69	-1,54 11 0,88	1,31 24 24,79	1,83 13 1,58	-2,42 11 1,37	41,04 24 89,86	4,27 17 3,3	-4,7 7 2,99
	total	MW N SD	5,94 46 24,34	2,68 29 1,85	-3,48 17 3,46	5,5 46 35,34	1,94 26 1,43	-2,55 20 2,12	9,55 46 41,57	2,1 26 1,5	-2,71 20 1,91	-0,78 46 26,66	2,49 20 2,11	-2,67 26 1,57	33,03 46 73,04	4,62 31 3,58	-3,86 15 2,59
13	1	MW N SD	7,36 5 10,74	1,89 4 2,24	-0,35 1 .	11,9 5 42,74	2,91 3 4,44	-1,96 2 0,13	23,99 5 65,42	3,68 3 4,16	-1,88 2 0,49	41,86 5 37,27	3,21 5 1,64		33,87 5 54,43	5,62 3 2,37	-2,17 2 2,26
	2	MW N SD	5,22 4 10,72	2,81 2 1,19	-0,76 2 1,04	15,33 4 32,08	3,24 3 1,91	-2,96 1 .	31,95 4 39,24	3,92 3 2,38	-0,75 1 .	2,09 4 24,2	2,59 2 0,05	-3,5 2 2,88	4,4 4 26,6	4,15 2 2,82	-3,17 2 3,9
	total	MW N SD	6,41 9 10,1	2,2 6 1,87	-0,62 3 0,77	13,42 9 36,09	3,07 6 3,06	-2,29 3 0,58	27,53 9 52,3	3,8 6 3,03	-1,5 3 0,74	24,19 9 36,79	3,03 7 1,37	-3,5 2 2,88	20,77 9 44,58	5,03 5 2,34	-2,67 4 2,67

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
14	1	MW N SD	16,44 27 28,91	4,01 18 3,76	-1,18 9 1,23	6,7 27 27,35	2,19 15 1,63	-2,14 12 1,56	16,33 27 36,7	2,26 18 1,78	-1,93 9 1,31	7,28 27 26,69	2,47 16 1,76	-2,51 11 2,5	23,19 27 37,89	4,48 19 3,46	-2,24 8 2,54
	2	MW N SD	2,97 19 16,65	2,07 12 1,24	-1,97 7 2,29	7,58 19 23,01	1,64 14 1,22	-2,91 5 2,48	2,95 19 30,75	2,02 8 1,62	-1,72 11 1,53	2,01 19 31,03	2,38 8 1,82	-2,36 11 1,97	5,8 19 38,21	3,14 10 2,62	-3,39 9 1,81
	total	MW N SD	10,88 46 25,27	3,24 30 3,13	-1,53 16 1,75	7,06 46 25,38	1,93 29 1,44	-2,37 17 1,83	10,8 46 34,65	2,19 26 1,71	-1,82 20 1,4	5,1 46 28,35	2,44 24 1,74	-2,44 22 2,2	16,01 46 38,58	4,02 29 3,21	-2,85 17 2,2
15	1	MW N SD	11,74 75 26,63	4,09 47 3,4	-2,53 28 2,25	12,03 75 40,86	2,28 51 2,78	-1,91 24 1,13	20,68 75 60,68	2,91 46 2,97	-1,91 29 1,56	13,49 75 31,88	3,05 46 1,94	-2,52 29 1,77	34,83 75 62,71	4,96 55 4,23	-3,45 20 3,08
	2	MW N SD	6,55 87 30,64	3,58 51 2,72	-3,54 36 3,62	7,65 87 32,85	2,22 48 1,69	-2,04 39 2,29	10,65 87 40,36	2,2 51 1,8	-2,29 36 1,75	2,64 87 38,51	3,04 36 2,66	-2,45 51 2,67	20,64 87 56,99	4 53 3,21	-2,86 34 3,07
	total	MW N SD	8,95 162 28,88	3,83 98 3,06	-3,1 64 3,11	9,68 162 36,72	2,25 99 2,31	-1,99 63 1,92	15,3 162 50,87	2,53 97 2,44	-2,12 65 1,67	7,66 162 35,9	3,05 82 2,27	-2,48 80 2,38	27,21 162 59,94	4,49 108 3,78	-3,08 54 3,06
16	1	MW N SD	5,37 33 18,71	2,82 21 2,18	-3,05 12 2,1	6,53 33 38,93	2,47 17 1,87	-2,65 16 3,32	4,77 33 48,96	2,64 13 2,43	-2,01 20 2,02	8,49 33 32,4	2,54 22 2,35	-2,79 11 2,33	28 33 73,54	4,61 20 4,22	-2,74 13 2,16
	2	MW N SD	8,73 39 15,05	2,84 27 1,75	-1,48 12 1,63	6,85 39 35,29	2,31 23 1,61	-2,02 16 1,99	19,97 39 61,65	2,57 24 2,91	-1,58 15 1,82	11,28 39 34,55	3,07 22 3,55	-1,79 17 1,03	18,68 39 56,4	4,25 22 2,53	-4,16 17 4,98
	total	MW N SD	7,19 72 16,79	2,83 48 1,93	-2,26 24 2	6,7 72 36,74	2,38 40 1,71	-2,33 32 2,71	13 72 56,33	2,6 37 2,71	-1,83 35 1,92	10 72 33,38	2,81 44 2,98	-2,18 28 1,7	22,95 72 64,51	4,42 42 3,4	-3,55 30 4,01

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
17	1	MW N SD	11,54 5 31,27	5,98 3 6,05	-3,16 2 1,78	20,14 5 55,08	6,95 2 4,15	-1,65 3 1,5	34,73 5 74,64	7,97 2 0,96	-1,5 3 0,95	34,4 5 38,14	4,41 4 4,31	-0,5 1 .	115,5 5 150,73	12,23 4 12,18	-2,21 1 .
	2	MW N SD	24,13 12 37,37	4,17 10 3,89	-0,9 2 0,98	18,61 12 29,49	2,69 9 1,39	-2,75 3 0,23	9,05 12 28,91	2,4 7 2,18	-1,34 5 0,57	-6,46 12 14,92	0,78 5 0,84	-2,09 7 1,5	15,97 12 32,54	2,84 8 1,11	-3,29 4 3,34
	total	MW N SD	20,42 17 35,2	4,58 13 4,25	-2,03 4 1,76	19,06 17 36,83	3,46 11 2,5	-2,2 6 1,13	16,6 17 45,96	3,64 9 3,12	-1,4 8 0,67	5,55 17 29,75	2,39 9 3,32	-1,89 8 1,5	45,24 17 92,7	5,97 12 7,91	-3,07 5 2,93
total	1	MW N SD	8,7 215 25,2	3,47 131 3,02	-2,56 84 2,72	9,93 215 40,11	2,35 129 2,4	-2,38 86 2,33	17,44 215 61,37	2,7 123 2,56	-2,11 92 1,76	8,14 215 32,81	2,95 120 2,16	-2,79 95 2,31	29,57 215 64,14	4,96 146 4,39	-3,17 69 2,8
	2	MW N SD	6,84 251 25,22	3,18 156 2,6	-2,94 95 3,2	8,49 251 31,65	2,23 148 1,71	-2,14 103 2,26	11,34 251 43,17	2,25 142 2,05	-1,97 109 1,64	5,33 251 35,38	2,66 123 2,63	-2,29 128 2,23	21 251 54,78	3,89 161 2,9	-3,84 90 4,55
	total	MW N SD	7,7 466 25,2	3,31 287 2,8	-2,76 179 2,98	9,15 466 35,77	2,28 277 2,06	-2,25 189 2,29	14,15 466 52,39	2,46 265 2,31	-2,04 201 1,69	6,63 466 34,21	2,8 243 2,41	-2,5 223 2,27	24,96 466 59,37	4,4 307 3,72	-3,55 159 3,89

Tabelle 6: Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen Veränderungen, sowie die Vergrößerungen und Verkleinerungen der PAS-Ebenen für die Hauptgruppe (HG) 1 und die Untergruppen (UG) 1 bis 7 in mm..

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
21	1	MW N SD	6,88 4 14,49	1,99 3 1,46	-1,59 1 .	-8,48 4 24,26	2,65 1 .	-2,95 3 2,86	35,7 4 42,18	3,05 3 1,61	-0,78 1 .	7,31 4 13,8	1,61 3 0,39	-1,9 1 .	- 12,68 4 11,26		-2,71 4 3,14
	2	MW N SD	24,61 5 43,6	7,31 4 11,04	-1,52 1 .	30,55 5 33,37	5,13 3 3,53	-0,56 2 0,15	31,95 5 40,82	3,19 4 3,1	-1,3 1 .	14,72 5 31,14	4,03 3 5,41	-1,09 2 1,18	13,12 5 51,27	6,7 2 7,32	-2,12 3 1,37
	total	MW N SD	16,73 9 33,42	5,03 7 8,35	-1,56 2 0,05	13,2 9 34,65	4,51 4 3,14	-1,99 5 2,41	33,62 9 38,79	3,13 7 2,38	-1,04 2 0,37	11,43 9 23,91	2,82 6 3,68	-1,36 3 0,96	1,65 9 39,33	6,7 2 7,32	-2,46 7 2,38
22	1	MW N SD	-2,51 8 33,63	4,1 2 2,88	-3,41 6 3,85	-5,28 8 20,32	1,68 2 0,49	-1,83 6 1,45	- 10,68 8 20,76	1,23 2 0,75	-2,02 6 1,52	-0,07 8 24,07	1,87 5 1,78	-3,81 3 1,2	-5,78 8 25,8	2,25 3 3,03	-2,64 5 2,14
	2	MW N SD	2,88 9 27,89	2,39 6 2,27	-4,12 3 3,27	16,63 9 42,32	1,9 5 1,2	-1,23 4 1,36	7,78 9 32,86	1,67 5 0,42	-1,71 4 0,94	10,03 9 24,99	2,48 6 0,54	-2,43 3 0,7	12,84 9 31,66	3,52 6 2,41	-3,2 3 5,14
	total	MW N SD	0,34 17 29,85	2,82 8 2,34	-3,64 9 3,47	6,32 17 34,69	1,84 7 1	-1,59 10 1,37	-0,91 17 28,61	1,55 7 0,51	-1,9 10 1,27	5,28 17 24,35	2,2 11 1,23	-3,12 6 1,16	4,08 17 29,73	3,1 9 2,52	-2,85 8 3,2
23	1	MW N SD	5,28 3 5,54	1,51 2 0,58	-0,11 1 .	26,96 3 16,13	2,71 3 1,19		18,46 3 18,26	3,44 2 2,19	-0,15 1 .	43,79 3 22,33	5,37 3 2,69		35,49 3 25,74	4,7 3 3,36	
	2	MW N SD	-3,04 5 18,18	1,73 3 0,71	-3,56 2 1,84	12,98 5 38,68	3,85 2 3,42	-0,98 3 0,4	18,98 5 71,46	8,67 1 .	-1,21 4 1,28	14,53 5 26,79	2,04 4 1,84	-2,6 1 .	2,25 5 32,1	3,73 3 3,13	-3,83 2 0,81
	total	MW N SD	0,08 8 14,7	1,64 5 0,59	-2,41 3 2,38	18,22 8 31,33	3,16 5 2,01	-0,98 3 0,4	18,79 8 54,9	5,18 3 3,39	-1 5 1,21	25,5 8 27,96	3,46 7 2,7	-2,6 1 .	14,72 8 32,77	4,21 6 2,95	-3,83 2 0,81

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
24	1	MW	5,87	1,66	-1,41	2,48	1,07	-0,44	9,23	3,28	-1,84	5,86	2,79	-3,43	45,32	4,17	-0,72
		N	5	4	1	5	3	2	5	3	2	5	3	2	5	4	1
		SD	7,62	0,8	.	8,28	0,36	0,43	35,29	2,87	0,67	30,19	2,6	2,59	50,81	1,94	.
	2	MW	7,49	2,48	-2,8	10,49	2,16	-1,81	6,6	4,95	-1,49	-3,04	1,67	-2,48	3,74	1,24	-1,51
		N	8	5	3	8	5	3	8	2	6	8	4	4	8	4	4
		SD	29,04	3,1	1,8	29,33	1,98	0,82	36,07	1,95	1,06	18,95	2	0,9	23,84	1,63	0,8
total	MW	6,87	2,12	-2,45	7,41	1,75	-1,26	7,61	3,95	-1,58	0,38	2,15	-2,8	19,73	2,71	-1,35	
	N	13	9	4	13	8	5	13	5	8	13	7	6	13	8	5	
	SD	22,62	2,29	1,62	23,26	1,61	0,97	34,29	2,43	0,94	23,1	2,15	1,44	40,44	2,28	0,78	
25	1	MW	8,04	2,6	-1,63	10,98	1,56	-1,61	18,16	2,52	-2,99	-2,04	2,94	-1,25	0,66	2,92	-3,62
		N	6	4	2	6	4	2	6	4	2	6	1	5	6	3	3
		SD	20,19	2,75	0,13	24,83	0,96	1,88	62,85	2,81	1,83	20,06	.	0,94	37,09	3,52	2,39
	2	MW	20,28	4,08	-10,98	16,8	2,54	-1,06	22,19	2,19	-1,68	1,15	2,35	-1,57	3,22	7,43	-4,79
		N	10	9	1	10	6	4	10	8	2	10	4	6	10	4	6
		SD	32,97	2,54	.	29,22	1,46	1,41	28,37	1,41	0,31	24,87	2,21	0,78	58,95	5,42	4,96
total	MW	15,69	3,63	-4,75	14,62	2,15	-1,24	20,68	2,3	-2,33	-0,05	2,47	-1,42	2,26	5,5	-4,4	
	N	16	13	3	16	10	6	16	12	4	16	5	11	16	7	9	
	SD	28,74	2,59	5,4	26,95	1,32	1,41	42,47	1,85	1,31	22,54	1,93	0,83	50,45	4,96	4,14	
total	1	MW	3,88	2,28	-2,44	3,2	1,81	-1,84	10,3	2,75	-1,89	6,81	2,78	-2,4	9,24	3,56	-2,74
		N	26	15	11	26	13	13	26	14	12	26	15	11	26	13	13
		SD	21,33	1,84	2,97	21,65	0,96	1,79	40,21	2,11	1,42	25,49	2,23	1,68	38,11	2,72	2,34
	2	MW	10,72	3,63	-4,04	16,73	2,79	-1,16	16,2	2,86	-1,49	6,05	2,44	-1,96	6,88	4,23	-3,24
		N	37	27	10	37	21	16	37	20	17	37	21	16	37	19	18
		SD	30,87	4,66	3,18	33,25	2,16	1,01	39,12	2,3	0,93	24,5	2,32	0,91	40,39	4,02	3,54
total	MW	7,9	3,15	-3,2	11,15	2,42	-1,47	13,77	2,81	-1,65	6,36	2,58	-2,14	7,85	3,96	-3,03	
	N	63	42	21	63	34	29	63	34	29	63	36	27	63	32	31	
	SD	27,35	3,92	3,1	29,6	1,85	1,43	39,36	2,19	1,15	24,71	2,25	1,27	39,17	3,52	3,06	

Tabelle 7: Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen Veränderungen, sowie die Vergrößerungen (POS) und Verkleinerungen (NEG) der PAS-Ebenen für die Hauptgruppe (HG) 2 und die Untergruppen 1 bis 5 in mm.

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
31	1	MW	18,42	5,11	-4,37	-3,52	6,99	-3,63	13,82	3,73	-1,47	10,67	3,35	-4,16	32,46	8,56	-2,34
		N	8	7	1	8	2	6	8	4	4	8	5	3	8	5	3
		SD	35,86	9,2	.	48,96	5,03	4,24	43,77	4,09	1,66	43,31	4,76	4,43	47,4	4,58	1,42
	2	MW	7,91	3,1	-4,17	9,78	1,71	-2,08	11,49	1,9	-1,75	10,48	3,71	-2,52	17,24	3,69	-3,21
		N	16	10	6	16	11	5	16	9	7	16	10	6	16	10	6
		SD	33,84	3,17	5,99	28,15	1,69	3,15	40,77	1,61	1,4	26,57	1,91	1,08	60,75	3,4	2,34
total	MW	11,41	3,93	-4,2	5,35	2,52	-2,93	12,26	2,46	-1,65	10,54	3,59	-3,07	22,31	5,31	-2,92	
	N	24	17	7	24	13	11	24	13	11	24	15	9	24	15	9	
	SD	34,11	6,2	5,47	35,88	2,9	3,69	40,85	2,59	1,42	32,11	2,98	2,51	56,08	4,37	2,03	
32	1	MW	17,98	3,88	-1,81	11,35	2,67	-2,93	13,45	2,72	-2,63	12,78	4,07	-3,03	16,41	5,61	-3,99
		N	55	38	17	55	32	23	55	34	21	55	28	27	55	29	26
		SD	36,72	4,77	2,16	45,79	2,67	3,18	46,33	2,94	1,91	58,56	3,48	2,06	64,75	5,93	3,97
	2	MW	5,78	3,57	-3,34	11,77	2,5	-2,07	12,43	2,15	-2,19	6,91	2,7	-2,26	3,11	3,29	-4,03
		N	56	31	25	56	35	21	56	36	20	56	29	27	56	28	28
		SD	24,37	2,46	4,36	29,28	2,11	2,85	31,91	1,63	2,07	30,51	2,73	2,66	31,93	2,76	4,03
total	MW	11,83	3,74	-2,72	11,56	2,58	-2,52	12,94	2,42	-2,41	9,82	3,38	-2,64	9,7	4,47	-4,01	
	N	111	69	42	111	67	44	111	70	41	111	57	54	111	57	54	
	SD	31,56	3,88	3,67	38,19	2,38	3,02	39,53	2,36	1,98	46,45	3,17	2,39	51,11	4,75	3,97	
total	1	MW	18,03	4,07	-1,95	9,46	2,92	-3,07	13,5	2,82	-2,45	12,52	3,96	-3,14	18,45	6,04	-3,82
		N	63	45	18	63	34	29	63	38	25	63	33	30	63	34	29
		SD	36,32	5,56	2,18	46,06	2,92	3,35	45,67	3,02	1,89	56,56	3,62	2,3	62,72	5,79	3,81
	2	MW	6,26	3,46	-3,5	11,33	2,31	-2,07	12,22	2,1	-2,07	7,7	2,96	-2,31	6,25	3,39	-3,88
		N	72	41	31	72	46	26	72	45	27	72	39	33	72	38	34
		SD	26,51	2,61	4,61	28,85	2,02	2,85	33,76	1,61	1,91	29,53	2,56	2,44	40,06	2,9	3,78
total	MW	11,75	3,78	-2,93	10,45	2,57	-2,6	12,82	2,43	-2,25	9,95	3,42	-2,7	11,94	4,64	-3,86	
	N	135	86	49	135	80	55	135	83	52	135	72	63	135	72	63	
	SD	31,9	4,39	3,94	37,73	2,45	3,14	39,62	2,38	1,89	44,14	3,11	2,39	52,04	4,66	3,76	

Tabelle 8: Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen Veränderungen, sowie die Vergrößerungen (POS) und Verkleinerungen (NEG) der PAS-Ebenen für die Hauptgruppe (HG) 3 und die Untergruppen 1 bis 2 in mm.

HG UG	Sex	MW, N, SD	%Diff PAS NL	PASNL POS	PASNL NEG	%Diff PAS OccPI	PASOccPL POS	PASOccPL NEG	%Diff PAS Uvula	PASUvula POS	PASUvula NEG	%Diff PAS ML	PASML POS	PASML NEG	%Diff Hyoid	Hyoid POS	Hyoid NEG
KG	1	MW	11,23	3,5	-3,68	12,18	2,26	-2,18	14,59	2,5	-2	4,23	2,32	-2,93	20,82	4,31	-4,07
		N	134	86	48	134	79	55	134	80	54	134	71	63	134	88	46
		SD	36,05	2,7	5,24	48,3	2,06	2,62	42,55	2,07	1,63	27,49	2,02	2,99	50,03	2,96	3,34
	2	MW	10,23	3,46	-2,47	5,79	2,09	-1,8	7,1	1,8	-1,86	1,48	2,55	-2,73	20,99	3,83	-2,48
		N	202	123	79	202	105	97	202	113	89	202	91	111	202	126	76
		SD	28,95	3,61	2,87	32,47	2,13	1,84	33,79	1,56	1,94	33,73	2,22	2,24	52,23	4,07	1,62
	total	MW	10,63	3,48	-2,93	8,34	2,16	-1,94	10,09	2,09	-1,92	2,57	2,45	-2,8	20,92	4,03	-3,08
		N	336	209	127	336	184	152	336	193	143	336	162	174	336	214	122
		SD	31,92	3,26	3,96	39,6	2,1	2,15	37,65	1,82	1,82	31,37	2,13	2,53	51,29	3,66	2,53
total	1	MW	10,53	3,51	-2,82	10,15	2,37	-2,39	15,58	2,66	-2,11	7,5	2,89	-2,86	24,09	4,82	-3,52
		N	438	277	161	438	255	183	438	255	183	438	239	199	438	281	157
		SD	30,53	3,43	3,65	42,78	2,33	2,57	52,8	2,46	1,71	35,43	2,42	2,51	58,76	4,16	3,14
	2	MW	8,24	3,35	-2,9	8,42	2,23	-1,93	10,25	2,11	-1,91	4,3	2,65	-2,44	18,18	3,83	-3,32
		N	562	347	215	562	320	242	562	320	242	562	274	288	562	344	218
		SD	27,15	3,17	3,33	31,76	1,93	2,12	38,59	1,86	1,75	33,46	2,46	2,21	51,53	3,43	3,6
	total	MW	9,24	3,42	-2,86	9,18	2,29	-2,13	12,58	2,35	-2	5,7	2,76	-2,62	20,77	4,28	-3,41
		N	1000	624	376	1000	575	425	1000	575	425	1000	513	487	1000	625	375
		SD	28,69	3,29	3,47	36,98	2,12	2,33	45,42	2,16	1,73	34,35	2,44	2,34	54,87	3,8	3,41

Tabelle 9: Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD) und Geschlecht (1,2) der prozentualen absoluten Veränderungen, sowie die Vergrößerungen (POS) und Verkleinerungen (NEG) der PAS-Ebenen für die Kontrollgruppe (KG) und total für alle Hauptgruppen in mm.

partielle Korrelation Geschlecht		Diff PAS OccPI	Diff PAS Uvula	Diff PAS ML	Diff Hyoid
Diff PAS NL	Korrelation	,400	,353	,306	,281
	Signifikanz (zweiseitig)	,000	,000	,000	,000
Diff PAS OccPI	Korrelation		,705	,445	,327
	Signifikanz (zweiseitig)		,000	,000	,000
Diff PAS Uvula	Korrelation			,503	,300
	Signifikanz (zweiseitig)			,000	,000
Diff PAS ML	Korrelation				,376
	Signifikanz (zweiseitig)				,000

Tabelle 10: Partielle Korrelationen nach Pearson: Kontrollvariable Geschlecht

partielle Korrelation / HG-UG		Diff PAS OccPI	Diff PAS Uvula	Diff PAS ML	Diff Hyoid
Diff PAS NL	Korrelation	,399	,353	,305	,283
	Signifikanz (zweiseitig)	,000	,000	,000	,000
Diff PAS OccPI	Korrelation		,703	,444	,327
	Signifikanz (zweiseitig)		,000	,000	,000
Diff PAS Uvula	Korrelation			,503	,304
	Signifikanz (zweiseitig)			,000	,000
Diff PAS ML	Korrelation				,383
	Signifikanz (zweiseitig)				,000

Tabelle 11: Partielle Korrelation nach Pearson: Kontrollvariable Therapie

partielle Korrelation / AG		Diff PAS OccPI	Diff PAS Uvula	Diff PAS ML	Diff Hyoid
Diff PAS NL	Korrelation	,400	,355	,313	,273
	Signifikanz (zweiseitig)	,000	,000	,000	,000
Diff PAS OccPI	Korrelation		,704	,446	,326
	Signifikanz (zweiseitig)		,000	,000	,000
Diff PAS Uvula	Korrelation			,505	,303
	Signifikanz (zweiseitig)			,000	,000
Diff PAS ML	Korrelation				,385
	Signifikanz (zweiseitig)				,000

Tabelle 12: Partielle Korrelation nach Pearson: Kontrollvariable Altersgruppe

Einfaktorielle ANOVA

	F-Wert	Signifikanz (p)
Diff PAS NL	0,225	0,879
Diff PAS OccPI	0,263	0,852
Diff PAS Uvula	0,418	0,74
Diff PAS ML	2,545	0,05
Diff Hyoid	1,938	0,122

Tabelle 13: Auswertung aller PAS-Ebenen

8 Veröffentlichung

Die Veröffentlichung der Studie erfolgte als:

- (1) Kurzvortrag im Rahmen einer Poster-Demonstration auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie im Jahr 2014 mit dem Thema „Kieferorthopädie Tradition und Innovation“ in München.

Titel: Veränderungen im Posterior Airway Space (PAS) durch kieferorthopädische Behandlung

Autoren: B. Koos¹, M. Schreiber¹, R. Ciesielski¹, A. Godt², H. Fischer-Brandies¹
(¹Kiel, ²Tübingen)

Ein Auszug dieser Demonstration befindet sich im Abstract Band dieser Tagung auf Seite 7.

- (2) Poster-Demonstration auf der wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie im Jahr 2017 mit dem Thema „Kieferorthopädie auf den Punkt gebracht“ in Bonn.

Titel: Einfluss kieferorthopädischer Behandlung auf den pharyngealen Raum im Fokus auf das obstruktive Schlafapnoe-Syndrom (OSAS)

Autoren: M. Schreiber¹, R. Ciesielski¹, H. Fischer-Brandies¹, B. Koos^{2,3}
(¹Kiel, ²Rostock, ³Tübingen)

Ein Auszug dieser Demonstration befindet sich im Abstract Band dieser Tagung auf Seite 80.

Der Ethikantrag D430/13 mit dem Studienplan „Kieferorthopädische Risikofaktoren für das obstruktive Schlaf-Apnoe-Syndrom im Kindesalter – prospektive Datenaufnahme und Behandlungsverlauf in der Kieferorthopädie“ der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ist Grundlage dieser Dissertation.

9 Danksagung

Meinem Doktorvater, Prof. Dr. H. Fischer-Brandies, danke ich für die Überlassung des Themas dieser Dissertation und seine gewährte Unterstützung. Weiterhin danke ich meinem Betreuer Prof. Dr. B. Koos für die gemeinsame Ausarbeitung der Fragestellung.

Ein besonderer Dank gilt Robert Ciesielski für seine Hilfe bei technischen Fragen, bei der statistischen Auswertung und für seine konstruktive Kritik.

Meinem Partner Jens Kaaden danke ich für seinen bedingungslosen Beistand und die vielen lieben Worte während der Erarbeitung meiner Dissertation.

Danken möchte ich ebenso meinen Eltern Petra und Udo Schreiber, die mich auf meinem Weg durch das Studium begleitet haben.

Außerdem danke ich Andreas Kemerle und Michael Schmorte für die statistische und technische Unterstützung sowie Christian Engelke für sein Lektorat.