

**Aus dem Universitätsklinikum Münster  
Poliklinik für Kieferorthopädie  
- Direktorin: Univ.-Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer -**

**Lippenkraftmessungen bei 7- bis 10-jährigen Schulkindern  
- eine klinische Querschnitts- und Longitudinalstudie**

**INAUGURAL - DISSERTATION**

**zur**

**Erlangung des doctor medicinae dentium**

**der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster**

**vorgelegt von**

**Joanette, Andra Daniela**

**aus Klausenburg**

**2005**

**Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Westfälischen Wilhelms-Universität**

**Dekan:** Univ. Prof. Dr. med. H. Jürgens

**1. Berichterstatter:** Univ. Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer

**2. Berichterstatter:** Univ. Prof. Dr. Dr. J. Piffko

**Tag der mündlichen Prüfung: 5.12.2005**

---

**Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie am Zentrum für Zahn-, Mund  
und Kieferheilkunde der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster  
- Direktorin: Univ.-Prof. Dr. U. Ehmer -**

Referent: Univ. Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer

Koreferent: Univ. Prof. Dr. Dr. J. Piffko

**ZUSAMMENFASSUNG**

**Lippenkraftmessungen bei 7- bis 10-jährigen Schulkindern zur Eruierung  
- eine klinische Querschnitts- und Longitudinalstudie**

Joanette, Andra Daniela

In der vorliegenden Arbeit wird die Maximalkraft bei Lippenzugversuchen in einer Querschnittsstudie an 9-jährigen Schulkindern sowie in einer Longitudinalstudie an Kindern im Alter von 7 und 10 Jahren untersucht.

Für die Querschnittsuntersuchungen stand ein Kollektiv von 388 neunjährigen Schulkindern zur Verfügung. Die Maximalkraft liegt zwischen 1,0 N und 39,2 N bei einem Mittelwert von 9,8 N ( $s = 4,9$  N). Zwischen den männlichen (9,8 N) und weiblichen (10,8 N) Probanden ist kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,456$ ) vorhanden. Zwischen Probanden mit Angle-Klasse I und Klasse II sind die Unterschiede nicht signifikant ( $p = 0,411$ ), genauso wie zwischen Tiefbiss- und Nicht-Tiefbiss-Probanden ( $p = 0,865$ ).

Die longitudinale Untersuchung dieser Arbeit umfasst 163 Probanden, die sowohl im Alter von 7 als auch von 10 Jahren untersucht wurden. Diese Probandengruppe wurde als Gesamtgruppe, sowie bezüglich ihrer Untergruppen nach Geschlecht, Gebissklassifikation und dem Ausmass der vertikalen Frontzahnstufe betrachtet. Mit Hilfe von Mittelwerttests wurden signifikante Unterschiede derselben Probanden im Alter von 7 und 10 Jahren bezüglich der maximalen Lippenkraft untersucht.

Der Mittelwert bei den 7-Jährigen betrug 7,8 N, bei den 10-Jährigen 10,8 N. Sowohl in der Gesamtgruppe ( $+2,9$  N;  $p = 0,000$ ) als auch in den Untergruppen der männlichen ( $+3,9$  N;  $p = 0,000$ ) und weiblichen Probanden ( $+2$  N;  $p = 0,000$ ) stieg die Lippenkraft zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr höchst signifikant an. Innerhalb der Untergruppen Angle-Klasse I ( $+6,9$  N;  $p = 0,005$ ) und Angle-Klasse II ( $+2,9$  N;  $p = 0,000$ ), sowie in den Gruppen Tiefbiss ( $+2,9$  N;  $p = 0,006$ ) und Nicht-Tiefbiss ( $+2,9$  N;  $p = 0,000$ ) wurden ebenfalls sehr bzw. höchst signifikante Anstiege der Lippenkraftwerte in dem Untersuchungszeitraum von 3 Jahren festgestellt.

Tag der mündlichen Prüfung: 5.12.2005

Celor mai dragi bunici si parinti

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung.....	1
1.2 Lippenkraftmessungen.....	1
1.2.1 Historischer Überblick .....	1
1.2.2 Anatomie und Physiologie des orofazialen Systems.....	3
1.2.3 Alternative Verfahren von Lippenkraftmessungen.....	9
1.2.4 Internationale Studien zum Thema "Lippenkraft".....	12
1.3 Relevante Parameter der kieferorthopädischen Modellanalyse.....	32
1.3.1 Frontaler dentaler Tiefbiss.....	33
1.3.2 Angle-Klassifizierung.....	34
1.3.2.1 Angle Klasse I.....	35
1.3.2.2 Angle Klasse II.....	36
1.3.2.3 Angle Klasse III.....	37
<b>2. Material und Methode.....</b>	<b>38</b>
2.1 Probandenkollektiv.....	38
2.2 Instrumentarium.....	41
2.3 Modellherstellung.....	43
2.4 Modellanalyseverfahren.....	43
2.5 Statistische Vorgehensweise.....	44
2.5.1 Probandeselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen.....	44
2.5.2 Querschnittsuntersuchung bei 9-jährigen Probanden.....	47
2.5.3 Longitudinaluntersuchung bei 7- und 10-jährigen Probanden.....	49
<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>50</b>
3.1 Detaillierte Darstellung des Probandenkollektivs.....	50
3.1.1 Probandenkollektiv für die Querschnittsuntersuchung.....	50
3.1.2 Probandenkollektiv für die longitudinale Untersuchung.....	55
3.2 Querschnittsuntersuchungen bei 9-jährigen Probanden.....	59
3.2.1 Probandeselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlung.....	59
3.2.2 Mittelwertvergleiche - Lippenkraftmessungen bei 9-Jährigen.....	63
3.2.2.1 Lippenkraftvergleiche der Gesamtgruppe und nach Geschlecht.....	64
3.2.2.2 Lippenkraftvergleiche nach Angle Klassen.....	66
3.2.2.3 Lippenkraftvergleiche nach Tiefbiss/kein Tiefbiss.....	68
3.3 Longitudinaluntersuchungen bei Probanden im Alter von 7 und 10 Jahren.....	69
3.3.1 Probandeselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlung.....	69
3.3.1.1 Probandeselektion bei 7-Jährigen.....	71
3.3.1.2 Probandeselektion bei 10-Jährigen.....	73
3.3.2 Mittelwertvergleiche - Lippenkraftmessungen bei 7- bis 10-Jährigen.....	74
3.3.2.1 Lippenkraftvergleiche der Gesamtgruppe und nach Geschlecht.....	76
3.3.2.2 Lippenkraftvergleiche nach Angle Klassen.....	78
3.3.2.3 Lippenkraftvergleiche nach Tiefbiss/kein Tiefbiss.....	80
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>82</b>
4.1 Querschnittsuntersuchungen bei 9-jährigen Probanden.....	82
4.1.1 Horizontale Zugversuche zur Maximalkraftmessung.....	82
4.1.2 Vertikale Lippenpressversuche zur Maximalkraftmessung.....	84
4.1.3 Messungen der Muskelaktivitäten der perioralen Muskulatur.....	85
4.1.4 Druckmessungen der Lippenkräfte, die auf die Zähne einwirken.....	86

---

4.2 Longitudinaluntersuchungen bei Probanden im Alter von 7 und 10 Jahren.....	87
<b>7. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>89</b>
<b>8. Danksagung.....</b>	<b>94</b>
<b>9. Lebenslauf.....</b>	<b>95</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>1</b>



## 1. Einleitung

### 1.1 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, einerseits Mittelwerte für die maximale Lippenkraft bei 9-jährigen Probanden zu eruieren, andererseits Veränderungen der Lippenkraftgrösse zwischen Kindern im Alter von 7 und 10 Jahren zu untersuchen.

Mittels einer Langzeitstudie an Schulkindern in der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Münster (Direktorin: Uni.-Prof. Dr. Ulrike Ehmer) soll die Fragestellung erörtert werden, wie gross die über "Zug-Versuche" gemessenen maximalen Lippenkräfte in den verschiedenen Alterskategorien sind, ob das Geschlecht und die Art der Dysgnathie (Angle Klassen, Ausmass der Frontzahnstufen) einen Einfluss auf die Lippenkraft haben.

### 1.2 Lippenkraftmessungen

Viele Autoren beschäftigten sich international mit Messungen der Lippenkräfte. Die sehr heterogene Literatur zeigt eine grosse Vielfalt an Methoden und unterschiedlichen Ergebnissen verschiedener Studien.

#### 1.2.1 *Historischer Überblick*

Die Problematik der Wirkung von Lippen und Zunge auf die Zähne wurde schon 1835 von C.S. THOMES [57] in seinem Artikel "The bearing of the development of the jaws on irregularities" beschrieben, nach dem der anteriore Druck der Zunge und die posteriore Krafteinwirkung der perioralen Muskulatur als Kraftkomponenten die Position der Zähne massgeblich beeinflussen. Verschiedene Wissenschaftler haben zur Untersuchung der Bedeutung der Lippenkraft auf die einzelnen anatomischen und funktionellen Parameter des orofazialen Systems beigetragen.

DANIEL GARLINER [12] war einer der ersten Autoren, der das Schlucken mit der kieferorthopädischen Behandlung in Verbindung brachte. Er untersuchte den Zusammenhang mit den vom orofazialen System ausgehenden Kräften und den daraus resultierenden physiologischen und anatomischen Verhältnissen.

Nach und nach wuchs das wissenschaftliche Interesse an diesem Gebiet, so dass er viele europäische Schüler, vor allem Zahnärzte und Logopäden aus Deutschland und der Schweiz gewinnen konnte. Dieses führte dazu, dass er seit 1977 Kurse über die in den

USA entwickelte Theorie der "Myofunktionellen Therapie" (MFT) anbot, die die verschiedenen Einzelbehandlungsmassnahmen zu einem einheitlichen Theoriekonzept zusammenfasste. Das von ihm für die Messung der Lippenkraft verwendete Instrument ist die "Federwaage" (Abbildung 22, Seite 42), durch die mit technisch einfachen Mitteln mechanisch die Lippenkraftgrösse gemessen werden kann. PROFESSOR DANIEL GARLINER wurde Präsident des "Institute for Myofunktional Therapy" in Coral Cables, Florida.

FRÄNKEL [9] konnte ebenfalls bezüglich der Lippenkraft wichtige Erkenntnisse beitragen. Für ihn waren die Kraftgrössen vor allem im Rahmen der Funktionskieferorthopädie von Bedeutung.

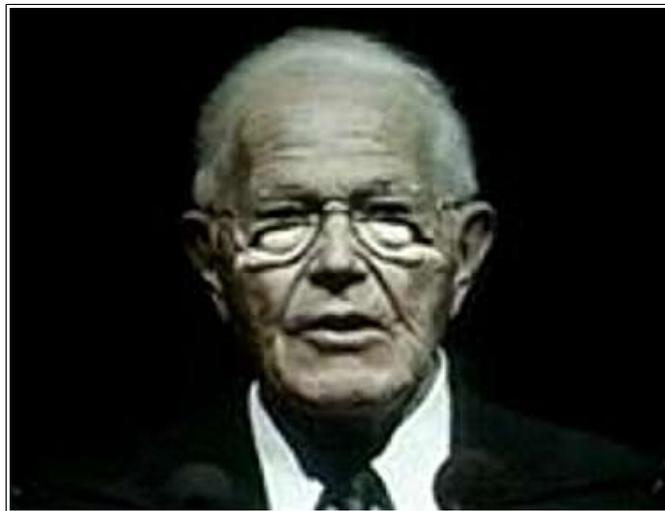


Abbildung 1: PROF. R. FRÄNKEL

Er beruft sich auf die von ANDRESEN UND HÄUPL entwickelte Philosophie der Funktionskieferorthopädie (= "Norwegisches System"), geleitet durch das ROUXSCHE Konzept der "Funktionellen Orthopädie". Die Aufgabe der funktionellen Orthopädie im orofazialen Bereich liegt darin, funktionelle Störungen zu diagnostizieren und durch orthopädische Gymnastik zu behandeln. Hierbei findet der Funktionsregler als orthopädisches Trainingsgerät klinische Anwendung. FRÄNKEL [9] konnte als Leiter des Kieferorthopädischen Instituts am Bezirkskrankenhaus HEINRICH BRAUN in Zwickau die Effektivität des Funktionsreglers belegen. Insbesondere hatte diesbezüglich der Lippenschluss eine Bedeutung, da ein ausgeglichener Lippentonus und ein so hervorgerufener kompetenter Lippenschluss zur Nasenatmung führen. Laut ROUX gilt es im Bereich der funktionellen Orthopädie "neue Funktionsweisen zu erlernen und durch Übung Leichtigkeit und

Sicherheit in der Ausführung derselben zu erwerben".

CLAUSNITZER [56], ein Sprachwissenschaftler, der ebenfalls einige Studien über die Lippenkraft veröffentlichte, konnte auf Grund der damaligen politischen Gegebenheiten erst 1987 zum 7. Europäischen MFT-Kongress antreten. Er hielt 1987 einen vielbeachteten Vortrag über die Therapie von Muskelfunktionsstörungen der Mund- und Gesichtsregion. Seit 1990 erfolgte eine Übersiedlung nach Heilbronn und die Leitung der Abteilung für Logopädie.

### ***1.2.2 Anatomie und Physiologie des orofazialen Systems***

Das orofaziale System umfasst alle lufthaltigen Räume oberhalb der Glottis, die an der Lautbildung beteiligt sind.

Zum orofazialen System gehören:

- Nase, Nasennebenhöhlen
- Mundhöhle
- Lippen
- Zunge
- Gebiss
- harter und weicher Gaumen
- Rachen
- Kehlkopf

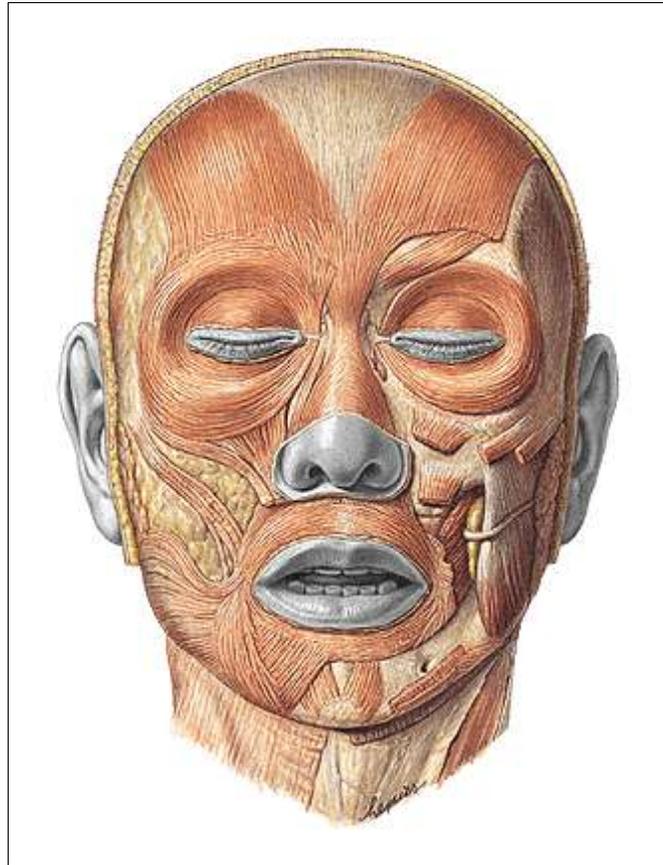


Abbildung 2: Gesichtsmuskeln (Musculi faciales) [46]

Das Nasengerüst besteht aus einem knöchernen und einem knorpeligen Anteil. Die Scheidewand trennt die rechte und linke Nasenhöhle. Der Nasenwand entspringen drei mit Schleimhaut überzogene Leisten, die Nasenmuscheln. Im oberen Bereich befindet sich die Riechregion mit der Riechschleimhaut. Als Teil des Ansatzrohres dient die Nase vor allem als Resonanzraum für die Nasenlaute. Die Nasennebenhöhlen sind mit Schleimhäuten ausgekleidet, variieren in Form und Größe und entwickeln sich altersbedingt.

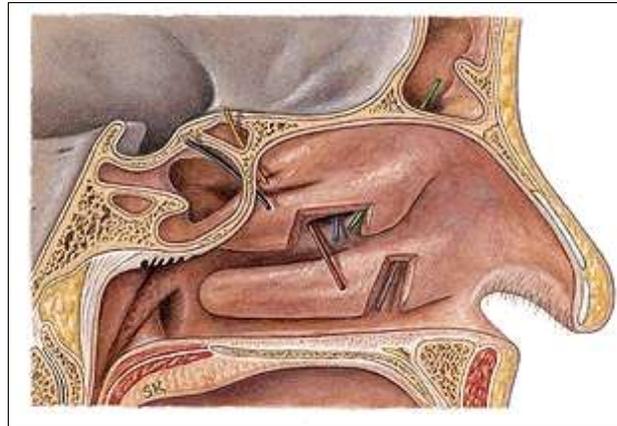


Abbildung 3: Nasenhöhle (Cavitas nasi) [47]

Die Mundhöhle dient der Speisenaufbereitung sowie als Resonanzraum. Durch ihre variable Form und Größe beeinflusst sie die Klangfarbe der Töne und Artikulation.

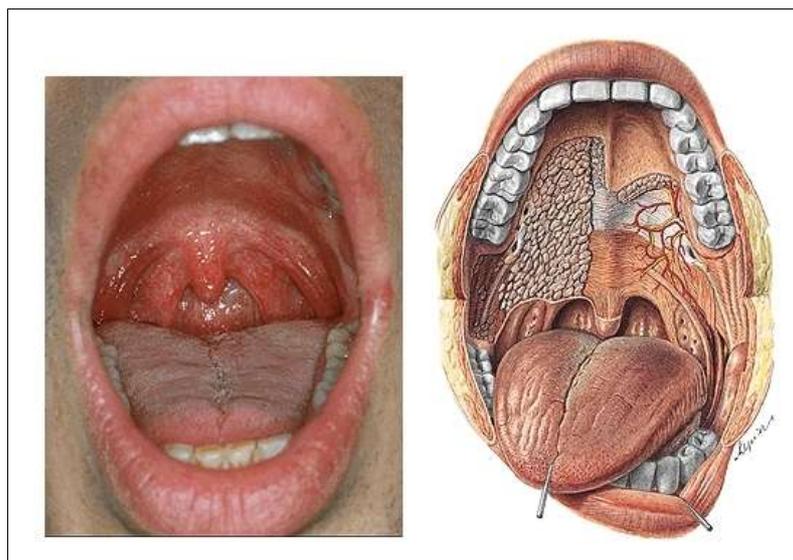


Abbildung 4: Mundhöhle (Cavitas oris) [48],[49]

Die Lippen sind durch ihre ringförmige Muskulatur stark verformbare Falten. Ober- und Unterlippe sind durch die Mundwinkel verbunden. Die Lippen sind für Saugen, Kauen, Blasen, Pfeifen u.s.w. sowie für die bilabiale und labiodentale Lautbildung (1. Artikulationszone) von Bedeutung.

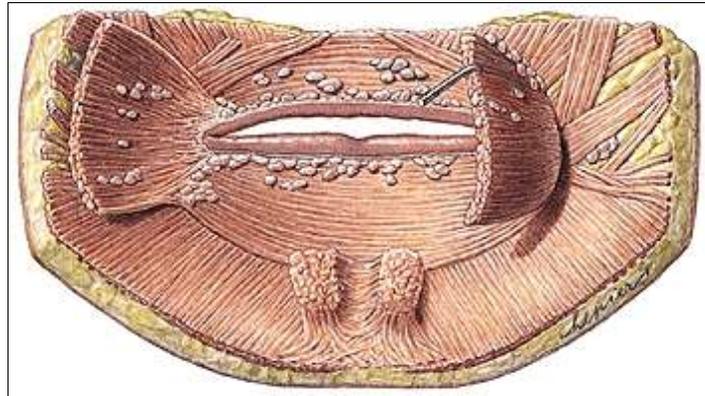


Abbildung 5: Muskeln der Mundgegend (Regio oralis) [48]

Auf der Zunge befinden sich die Zungenpapillen, sie enthalten die Geschmacksknospen, welche für die Geschmacksempfindungen süß, salzig, sauer und bitter zuständig sind. Die Zungenschleimhaut ist ebenfalls zuständig für die Tast-, Schmerz- und Temperaturempfindungen. Neben Kau- und Schluckfunktion dient die Zunge auch der Vokalmodulation und Konsonantenbildung.

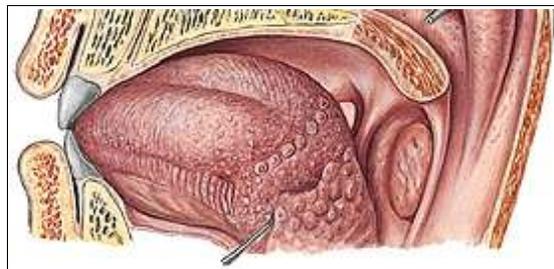


Abbildung 6: Zunge (Dorsum linguae) [50]

Das Gebiss beinhaltet beim Kind 20 Milchzähne (8 Schneide-, 4 Eckzähne, 8 Milchmolaren) und beim Erwachsenen, im bleibenden Gebiss, 32 Zähne (Schneidezähne, 4 Eck-, 8 Vormahl- und 12 Mahlzähne).

Der Gaumen teilt sich in den harten Gaumen, das Dach der Mundhöhle und den weichen Gaumen. Das Gaumensegel, welches eine bewegliche Muskelplatte darstellt, endet in einem Zäpfchen. Es ist nicht nur am Atmen, Saugen, Schlucken etc. beteiligt, es beeinflusst auch die Klang und Lautbildung. Sowohl beim Schlucken als auch bei der Bildung der Orallaute schließt es durch Anheben den Mund-Rachenraum vom Nasen-Rachen-Raum ab.

Der Rachen ist unterteilt in den Nasenrachen (mit Rachenmandeln), den Mundrachen

(Gaumensegel, Zäpfchen, Zungenrücken) und den Kehlrahen. Der Kehlkopf besteht aus einem Knorpelgerüst, einem Bandapparat, der für die Schwingungsvorgänge bei Stimmerzeugung notwendig ist, der Muskulatur, die die Aufgabe der Stimmlippenspannung, Stimmritzenöffnung bzw. -schließung hat und der Schleimhaut. Die Stimmritze (= Glottis) ist der Raum zwischen den Stimmlippen. Sie ist in der Respirationstellung geöffnet und in der Phonationsstellung durch das Aneinanderliegen der Stimmlippen geschlossen. Da sich der Speise- und der Luftweg kreuzen, wird der Kehlkopf beim Schlucken reflektorisch verschlossen (Schutz der Luftwege). Die Atemluft bringt die Stimmlippen in Schwingung (Stimmbildung).

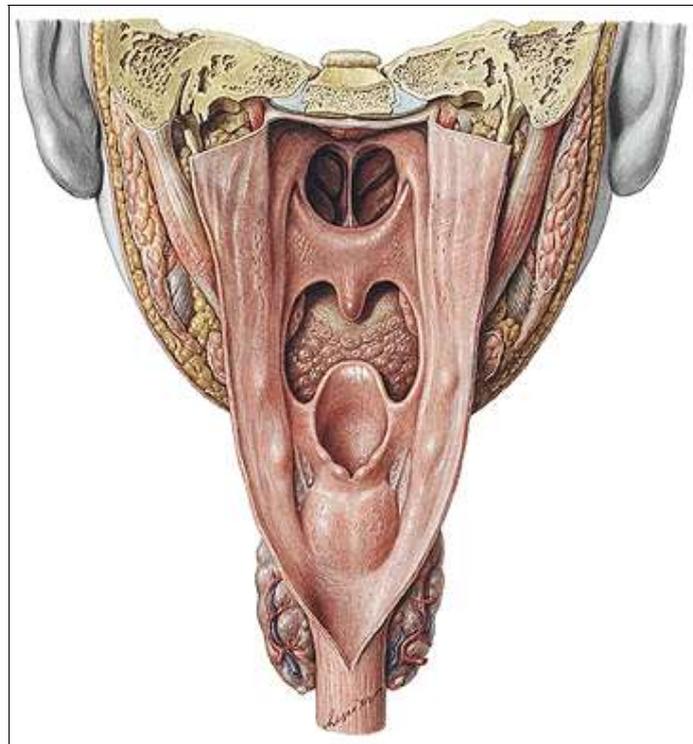


Abbildung 7: Rachen (Pharynx) [51]

Die Funktionen des orofazialen Systems werden unterteilt in die Primärfunktionen Atmen, Saugen, Beißen, Schlucken und Kauen sowie die Sekundärfunktionen Phonation und Artikulation. Dysfunktionen können die Mundatmung betreffen, sowie das orofaziale Muskelgleichgewicht, es kann zu Zungenpressen, Artikulationsstörungen oder Schluckstörungen kommen. Der äußere Funktionskreis beinhaltet die mimische Muskulatur, die Mundmuskulatur, sowie die Kaumuskulatur. Der innere Funktionskreis

besteht aus der Zunge, der Mundbodenmuskulatur und der Gaumensegelmuskulatur.

Die für die Lippen bedeutenden Muskeln sind:

- M. nasalis
- M. depressor septi
- M. levator labii superiores et alae nasi
- M. orbicularis oris
- M. buccinator
- M. zygomaticus
- M. risorius
- M. levator labii superiores
- M. levator anguli oris
- M. depressor labii inferioris
- M. mentalis
- M. platysma myoides

Betrachtet man das orofaziale System als Ganzes, so ist es nach THIELE UND CLAUSNITZER [56] als ein System mit Kugelschalenanordnung und einem Zentrum zu beschreiben. Das Innere der Anordnung besteht aus der Zungenbodenmuskulatur mit der Mundbodenmuskulatur, das Äussere aus der orofazialen Muskulatur.

Die erwähnte äussere orofaziale Muskulatur hängt wie eine Art Gürtel zusammen und wird von den Musculi levator und depressor labii in seiner Position gehalten. Diese Anordnung ergibt eine nach innen gerichtete, zentripetale Kraft.

Um die Grundkraftrichtungen zu variieren bedient sich das System einem in einer Art "Radspeichenstruktur" angeordneten Modell. Der Muskelring des M. orbicularis oris steht hierbei im Zentrum von zwei Ringbögen, die jeweils an den Seiten sehnig miteinander verbunden sind. Die Radspeichen entstehen aus den elastischen Zügen der radiär ausstrahlenden Muskelzüge. Je nach Interaktionen entstehen in der Mundspalte verschiedene Haltungen, wie z.B. der O-Laut oder eine Trompeterstellung. Die Vielfalt, sowie die polyfunktionelle Steuerbarkeit lassen die mögliche Fehlerbreite erahnen. Die muskulären Besonderheiten werden im Folgenden beschrieben: Der M. orbicularis oris, als muskuläre Grundlage der Lippen, ist nicht ein wahrer Ringmuskel auf Grund der senkrecht zum Mundspalt verlaufenden Zwischensehnen. Man kann drei Hauptbündel

differenzieren: die Pars marginalis im Bereich des Lippenrots, der periphere Teil als Pars labialis und Hauptbestandteil, sowie das radiär ausgerichtete Rectussystem. Die tiefen Fasern dieses Systems drücken die Lippen auf die Frontzähne, die oberflächlicher liegenden Fasern nähern sie an und stülpen sie vor. Der M. buccinator als Bestandteil des erwähnten Gürtels, drückt dessen Mittelregion gegen die Seitenzähne. Durch das Einstrahlen des M. zygomaticus in die Mundwinkelhaut, mit oberflächlichen und mit tiefen Fasern in die Ober- und Unterlippe, ist er verantwortlich für die Aufwärts- und Abwärtsbewegungen der seitlichen Mundpartien.

Den M. levator labii superiores kann das Anheben der Unterlippe sowie das Ausstülpen zugesprochen werden, dem M. levator anguli oris die Mittwärtskomponente, sowie dem M. depressor anguli oris die Abwärtskomponente unterhalb des Mundspaltes. Ein Zug der Unterlippe wird mit einer Vorwölbung des Lippenrots durch den M. depressor labii inferiores erreicht.

### 1.2.3 Alternative Verfahren von Lippenkraftmessungen

Bei dem sogenannten "Myoscanner" handelt es sich um ein für die "Myofunktionelle Therapie" (MFT) eigens von GARLINER [12] entwickeltes Messgerät, welches leicht transportierbar und einfach in der Anwendung ist. Beschrieben wird die mechanische Messung der vertikalen Lippenkraft mit, je nach zu messender Region, unterschiedlichen Sondenaufsätzen.

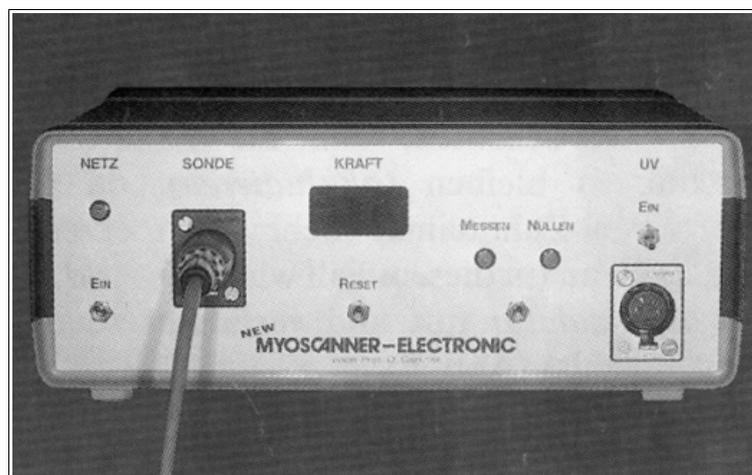


Abbildung 8: Messung der perioralen Muskelkräfte mit dem Myoscanner [6]

Die Arbeitsweise ist vergleichsweise einfach: es existieren verschiedene Sonden für Messungen an Lippen, Zunge und am M. masseter. Das Gerät ist auf Null eichbar, wenn keinerlei Kraft auf die Sonde einwirkt. Durch die zu messende Muskelkraft wird der Taster kurzfristig verformt, je nach Verformung werden unterschiedliche Impulse von der Sonde zum Hauptgerät geleitet und sind auf der Messanzeige ablesbar. Als Einheiten sind Kilogramm oder Pounds angegeben. Den Einsatzbereich beschreibt GARLINER [12] mit Messungen im Mund- und Gesichtsbereich, die notwendig für die objektive Überprüfung eines Therapieverlaufes sind. Laut GARLINER stellt dieses Gerät eine gute Motivation des Patienten während der Behandlung dar, da Erfolge objektiviert werden können. Bei der Messung der Lippenpresskraft wird die Sonde am Kabelansatz gehalten, während der Patient die Backenzähne zusammenbeißt und die Sonde zwischen den Lippen so fest es geht zusammenpresst.

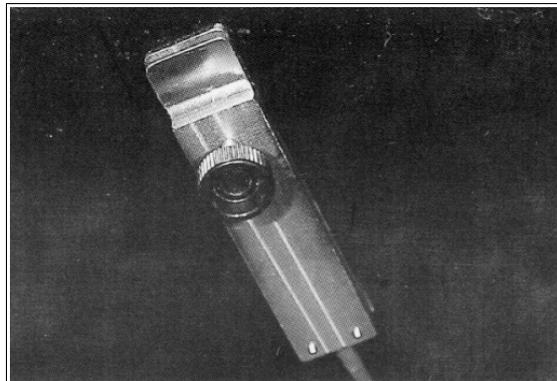


Abbildung 9: Myoscannermessung, Lippenpresskraft [6]

Alle Messungen werden dreimal durchgeführt und der Mittelwert berechnet. Der Myoscanner zeigt die Lippenpresskraft an. Wichtig für ein korrektes Messergebnis sind in erster Linie die zusammengedrückten Zahnreihen. Bezüglich der Objektivität handelt es sich bei der Messung der Lippenpresskraft mit dem Myoscanner um eine gut reproduzierbare Messmethode [55].

Eine weitere Möglichkeit der Lippenkraftmessung ist die Arbeit mit dem Pommeter: es handelt sich um eine mechanische Messung der horizontalen Lippenkraft mit einem am Mundstück befestigten Kraftmesser, der die Kraft in Gramm misst, wenn das Mund-

stück vom Patienten weggezogen wird.

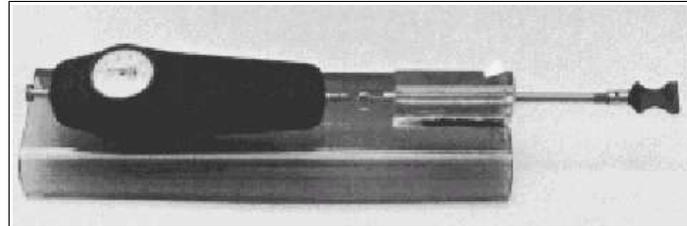


Abbildung 10: Pommeter [59]

Der Messzeiger bleibt am Punkt des maximalen Ausschlages stehen. Die Erstbeschreibung erfolgte durch AARON L. POSEN [36]. Das Instrument besteht aus einem Mundstück in Verbindung mit einem Dynamometer (= Hunter Gauge), welches einer Zugkraft (in Gramm) entgegenwirkt, wenn das Mundstück von den Lippen gezogen wird. Das heisst, das Gerät misst die maximale Kraft, mit der die Lippen der Zugkraft entgegenwirken [19].



Abbildung 11: Messung der Lippenkraft mit dem Pommeter [59]

Ein weiteres Gerät zur Messung der Lippenkraft ist das Y-Meter. Es handelt sich um eine elektronische Messung der vertikalen Lippenkraft mit einem "Edelstahl Slimline-Sensor", der die Lippenkraft des M. orbicularis oris anhand einer Messung an der Oberlippe bestimmt.

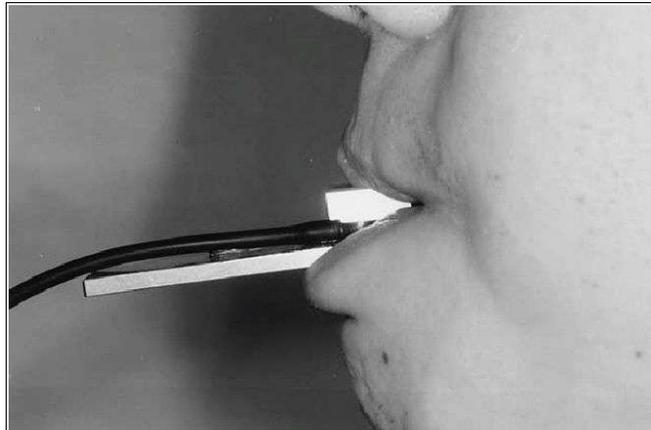


Abbildung 12: Messung der Lippenkraft mit dem Y-Meter [22]

Da beim Lippenschluss der M. orbicularis oris mit dem M. mentalis zusammenspielt, wurde nur die Kraft der Oberlippe gemessen, um den M. orbicularis oris separat darzustellen. Da die gleiche Position der Messplatte gewährleistet werden muss, wurde vor der ersten Messung ein Wachsbiß angefertigt: bei leichtem Lippenschluss musste die Oberlippe im Zentrum der Messplatte stehen. Während der Messung muss der Proband nach Positionierung die Lippen so fest wie möglich schliessen. Die Lippenkraft wird zweimal, jeweils 5 Sekunden gemessen und elektronisch aufgezeichnet [22].

#### ***1.2.4 Internationale Studien zum Thema "Lippenkraft"***

Die Zähne sind ständig dynamischen Belastungen ausgesetzt. Idealerweise gewährleistet ein Kräftegleichgewicht der interagierenden Muskulatur die Stabilität des dentoalveolären Komplexes. Demnach wirkt der muskulären Schlinge, bestehend aus dem M. buccinator, dem M. orbicularis oris sowie dem M. pharyngealis superior, die Kraft der Zungenmuskulatur entgegen. In vielen Studien, mit einer Vielzahl verschiedener Techniken, wurden die intraoralen Muskelkräfte und der auftretende Druck während der Ruhephasen sowie in Funktion untersucht. Die Variationsbreite dieser Studien ist auf Grund der verschiedenen Möglichkeiten der Kraftmessungen sehr gross. Allen gemeinsam sind aber einige wichtige Grundsätze: Zunächst kann die Balance der Kraft der perioralen Muskulatur im Vergleich der Zungenkraft nicht als einfache Ein-zu-Eins-Relation betrachtet werden, da die Zungenkraft einen grösseren Druck ausübt, was allerdings nicht von den Zahnstellungen oder dem Zahnbogen wiedergespiegelt wird.

Zusätzliche Faktoren werden durch die alveoläre Knochenstruktur sowie das Peridontium dargestellt. Desweiteren muss der relative Einfluss der Kräfte in der Ruhephase im Gegensatz zur Funktion betrachtet werden. Die auftretenden Kräfte in der Funktionalität sind im Vergleich grösser, wirken jedoch über eine kürzere Zeitspanne, während die in der Ruhe auftretenden Kräfte kleiner sind, jedoch über eine viel längere Zeitspanne wirken. Der Einfluss der perioralen Muskulatur ist unbestritten, es stellt sich die Frage, inwieweit diese Kräfte die Zahnstellungen beeinflussen bzw. inwieweit die Muskulatur sich den Veränderungen durch kieferorthopädische Therapien adaptiert.

Die Untersuchung des Einflusses der perioralen Muskulatur auf die Okklusion war einer der Forschungsbereiche GARLINERS [12],[11]. Insbesondere befasste er sich mit Patienten, die einen offenen Biss aufwiesen. Bei der Therapie des offenen Bisses wurden Untersuchungen der Zusammenhänge zwischen dem offenen Biss und den perioralen Muskelkräften angestellt. Es wurde das Konzept des triangulären Muskel-Kraft-Feldes beschrieben, welches die Zusammenhänge zwischen der Muskulatur und den Zähnen verdeutlichen sollte. Dieses zeigt auf, dass eine konstante Kraft besteht, die ein Zusammenspiel mit dem Zahnbogen, der Zahnmorphologie und den Kräften während des Kauens, Sprechens und des Schluckens beschreibt. Es war wichtig eine Untersuchungsmethode zu schaffen, mit der Variationen dieser Kraft festgestellt werden konnten. Hierfür wurden Messungen mit der Federwaage, mit dem Myoscanner und mit Schwarzlicht durchgeführt. Gemessen wurden unter anderem die Kontraktionskraft des M. masseter, sowie die Widerstandskraft des M. orbicularis oris und die Aktivität des M. mentalis. Die Federwaage wurde verwendet, um Kraftmessung am M. orbicularis oris durchzuführen. Bei Messungen an einigen tausend Patienten wurden Mittelwerte von 3-5 Pfund, entsprechend 0,5-2,5 kg oder 4,9-24,5 N, ermittelt. Der Myoscanner wurde für Messungen der übrigen perioralen Muskeln verwendet. Die Messungen wurden abhängig vom Alter der Patienten in zwei Gruppen durchgeführt. Es wurden die folgenden Normwerte ermittelt: Zusammenpressen der Lippen bei 4- bis 10-Jährigen 2-4 Pfund, bei 11-Jährigen und älter 6-8 Pfund. Die Kontraktionskraft des M. mentalis betrug bei 4- bis 10-Jährigen 4-6 Pfund, bei 11-Jährigen und älteren Probanden 6-8 Pfund. Auf der Basis dieser Ergebnisse war ein Vergleich der Messwerte von Personen mit eugnathen Gebissen und mit denen der Patienten mit einem offenen Biss mög-

lich. Bei 88,4 % der Patienten mit offenem Biss wurde eine zu hohe oder zu niedrige Kraft gemessen, in Abhängigkeit von der okklusalen Relation. 38 % der Patienten mit offenem Biss zeigten eine erhöhte M. masseter-Funktion, 95 % zeigten einen erhöhten Zungendruck gegen die Zähne. Zusätzlich konnte bei 64 % eine Mundatmung festgestellt werden. Vergleichende Messungen vor und nach der myofunktionellen Therapie zeigten auf, dass der offene Biss durch das entstandene Kräftegleichgewicht der einzelnen Muskelgruppen erfolgreich therapiert werden konnte. Der orofaziale Komplex konnte sich während des Wachstums optimal entwickeln. Die Messwerte bei offenem Biss vor der myofunktionellen Therapie, gemessen mit der Federwaage, betrug 1 Pfund, die Lippenpresskraft, gemessen mit dem Myoscanner, zwei Pfund, die Werte des rechten M. masseter 4 Pfund, die des linken M. masseter 5 Pfund. Im Vergleich wurden die folgenden Messwerte nach der myofunktionellen Therapie konstatiert: die Lippenkraft betrug 4 Pfund, die Lippenpresskraft ebenfalls 4 Pfund, während die Werte des rechten und linken M. masseter mit einem Wert von 5 Pfund ausgeglichen waren.

Auch HORN [17] untersuchte Lippen- und Zungendruck und deren Bedeutung für die klinische Diagnostik orofazialer Dyskinesien. Um die periorale Muskelkraft zu messen wurden kapazitive Druckaufnehmer, induktive Messdosen in Prothesen, Dehnungsmessstreifen und Transducer eingesetzt, sowie die maximale Zugkraft mit der Federwaage bestimmt. In Anlehnung an die Messmethode nach GARLINER [12] wurde ein Gerät, das "Myometer" entwickelt, welches extra- und intraoral auftretende maximale Kräfte bestimmen kann. Ziel der Studie war es, die Bedeutung der auftretenden Kräfte bezüglich klinischer Parameter, sowie Alter und Geschlecht zu bestimmen. Es wurden 107 Probanden im Alter von 8-37 Jahren untersucht und in 4 Gruppen unterteilt. Die Kraftmessungen erfolgten mit dem Myometer. Gemessen wurden Maximalkräfte bei Zungendruck ventral, beim Zusammenpressen der Lippen und beim Ziehen an einem im Vestibulum platzierten, im Durchmesser 25 mm grossen Messingknopf. Es wurden jeweils 10 Messungen dokumentiert und der Mittelwert gebildet. Zusätzlich erfolgte eine klinische Befundung. Im Bezug auf die Geschlechtsverteilung konnten bei allen drei Messverfahren geringere Werte bei den weiblichen Probanden herausgestellt werden. Der höchste Kraftwert wurde hierbei mit dem Lippenzugversuch gemessen (945,4 cN bzw. 878,0 cN). Die unterschiedlichen Altersgruppen konnte ebenfalls einen

Anstieg, proportional zum Alter der Probanden verzeichnen. Der Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Probanden war jedoch nur im Bereich der Lippenpressversuche signifikant. Bei den Lippenzugversuchen konnten eindeutige Zusammenhänge mit den unterschiedlichen Altersklassen verzeichnet werden. Die Aufteilung hinsichtlich der Bisslage zeigte geringere Werte bei der Distalbisslage, signifikant war dieses bei den Lippenzug- und Pressversuchen, jedoch war diese Patientengruppe gleichzeitig auch jünger. Ein Vergleich zwischen verschiedenen Bisslagen einer bestimmten Altersklasse konnte keine Korrelationen herausstellen, ebensowenig wie die Untersuchung der Mundatmung. Diese Studie konnte belegen, dass bezüglich des Geschlechts der Probanden sowie des Alters, Zusammenhänge mit der Kraftgrösse ihrer perioralen Muskulatur bestehen. Korrelationen zwischen der Kraftgrösse und der Bisslage bzw. funktionellen Auffälligkeiten konnten nicht nachgewiesen werden.

OTT [34] führte Untersuchungen zur perioralen Muskelkraft durch, indem er in einer Querschnittserhebung intra- und interindividuelle Faktoren durch eine Stichprobe von 254 Probanden im Alter von 9 bis 76 Jahren betrachtete. Das Instrumentarium bestand aus der von GARLINER [12] beschriebenen Federwaage, durch die die maximal gehaltene Zugkraft angezeigt wurde. Die Versuchsperson legt eine Kunststoffscheibe (Durchmesser 25 mm und 2,4 mm Dicke) zwischen Lippen und Frontzähne und versucht die durch Zug bewegte Scheibe dort zu halten. Alle Messungen wurden von einem einzigen Untersucher durchgeführt. Zwei Drittel der in Newton (N) umgerechneten Messwerte lagen zwischen 10 und 18 N, wobei die Streuung der Messwerte nicht in der individuellen Messwertstreuung, sondern in den individuellen Lippenkräften begründet liegt. Der Vergleich der Messwerte weiblicher und männlicher Probanden zeigte einen deutlichen Unterschied, hingegen zeigten Vergleiche zwischen Neutral-, Distal- und Mesialbisslagen oder Vergleiche mit Prothesenträgern keine Abhängigkeiten bezüglich der Grösse der perioralen Muskelkraft. Zusätzlich wurde, um den Einfluss der Lippenproportionen auf die Perioralkraft darzustellen, ein Quotient aus Lippenbreite und Lippenhöhe errechnet. Aus den vorliegenden Messergebnissen konnte jedoch kein gesicherter Zusammenhang zwischen den Lippenproportionen und der Lippenkraft bewiesen werden. Von Interesse war vergleichend der Einfluss exogener Faktoren, für dessen Ermittlung eine Versuchsgruppe aus sechzig 19 bis 38-jährigen Probanden zusammengestellt

wurde, die dem Geschlecht entsprechend der prospektiven Primärstudie verteilt waren. Die Messung der Lippenkraft wurde ebenfalls nach der Methode von GARLINER [12] durchgeführt [35]. Ziel dieser Untersuchung war eine Darstellung inter- und intraindividuelle Unterschiede bezüglich exogener Faktoren wie der Applikation von Saccharose, Glucose oder Siliziumoxid. Das Versuchsmaterial wurde den Probanden sublingual appliziert und dort 120 Sekunden bis zur Messung belassen. Nach einer Mundspülung und Zahnreinigung wurde ein Zwischenversuch durchgeführt, um eine Nivellierung entsprechend dem Ausgangsniveau zu garantieren. Im Vergleich aller Versuchsreihen sind keine Unterschiede zwischen der maximalen Kraft der perioralen Muskulatur mit oder ohne exogene Faktoren zu erkennen.

JUNG [22] untersuchte die Korrelation zwischen der Oberlippenkraft und den kraniofazialen Strukturen. Messungen der perioralen Muskelkraft erfolgten mit einem "Y-Meter" (Abbildung 12, Seite 12), um ihre Auswirkungen auf die Zahnstellungen zu eruieren und den Einfluss des M. orbicularis oris auf die Frontzähne darzustellen. Den 32 männlichen, kieferorthopädisch nicht vorbehandelten Probanden der Angle-Klasse I wurde zur Messung der vertikalen Lippenkraft ein Kraftmessgerät zwischen die Lippen geklemmt, in diesem Fall ein "Slimline Sensor" aus Edelstahl. Um eine separate Kraftdarstellung des M. orbicularis oris zu gewährleisten, wurde unter konstanten Messbedingungen und stets gleicher Positionierung der Messplatte nur die Kraft der Oberlippe gemessen. Die Messergebnisse wurden nach Korrelationen bezüglich der Frontzahninklination, sowie skelettalen Gesichtspunkten untersucht. Die durchschnittliche Lippenschlusskraft der Oberlippe betrug zwischen 3,31 und 13,81 N, die maximale Lippenkraft zwischen 4,30 und 20,34 N. Es konnte eine signifikante Korrelation zwischen der Lippenschlusskraft und der Frontzahnposition belegt werden. Keine signifikanten Korrelationen konnten bei Probanden mit skelettal horizontalen Wachstumsmustern und der Oberlippenkraft, ebensowenig wie bei Probanden mit maxillärer Protrusion und der Oberlippenkraft festgestellt werden. Patienten mit inkompetentem Lippenschluss wiesen eine signifikant niedrigere Lippenkraft im Bereich der Oberlippe auf.

YATA [62] verfolgte 2001 ebenfalls das Ziel einen Zusammenhang zwischen der Qualität des Lippenschlusses und diversen Gebissanomalien zu finden. Er untersuchte 53 Patienten, 20 Jungen und 33 Mädchen, im Alter von 10,2 +/- 1,9 Jahren mit Zahn-

fehlstellungen, die mit einer Klasse I-Kontrollgruppe von 20 Patienten verglichen wurden (10 Jungen und 10 Mädchen im Alter von 10,5 +/-2,6 Jahren). Die Differenzierung von Probanden mit kompetentem und inkompetentem Lippenschluss erfolgte nach Abstand der Ober- und Unterlippe in Ruheposition. Es wurden FRS-Analysen, Modellanalysen, sowie funktionelle Analysen der Zungenposition, der Tonsillengrösse und der perioralen Muskelkraft durchgeführt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gruppe mit Normokklusion und der Kontrollgruppe im Bezug auf den Lippenschluss konstatiert werden. Ebenso wenig im Vergleich bezüglich der FRS-Analyse, der Zungenposition, der Mundatmung oder der Tonsillengrösse. Ein Vergleich der Lippenkraft innerhalb der Gruppe mit Zahnfehlstellungen und kompetenten bzw. inkompetenten Lippenschluss ergab im Bezug auf den Overjet und Overbite jedoch statistisch signifikante Unterschiede. Die maximale periorale Lippenkraft war bei der Patientengruppe mit einem kompetenten Lippenschluss signifikant höher als bei den Probanden mit inkompetentem Lippenschluss. Die Gruppe mit dem kompetenten Lippenschluss verzeichnete eine durchschnittliche maximale Lippenzugkraft von 460,7 g, entsprechend 4,5 N, wobei in der Gruppe mit inkompetentem Lippenschluss eine mittlere Maximalkraft von 391,3 g, entsprechend 3,8 N, gemessen wurde. Die in dieser Studie gemessene maximale Lippenkraft war vergleichsweise niedrig bezüglich der Ergebnisse die GARLINER [12] beschrieb, was durch Unterschiede bezüglich des verwendeten Instrumentariums, der Grösse des Knopfes oder den einzelnen Messabständen erklärt wurde. Eindeutig belegt wurde die Korrelation zwischen der Qualität des Lippenschlusses und der Lippenkraft. Nach FRÄNKEL [8] ist für die Erzielung eines kompetenten Lippenschlusses eine Verbesserung des Muskeltonus durch ein Lippenschluss-training erforderlich.

Diesen Ansatz verfolgte auch GRABER [15]. Für ihn spielte die Lippenkraft eine Rolle in der Untersuchung kieferorthopädischer Geräte, deren Effekte durch extrinsisch einwirkende Kräfte, wie die periorale Muskelkraft, zustande kommen. Die Idee war, Muskelaktivität als Quelle der Kraft für die Behandlung von Zahnfehlstellungen zu nutzen. Viele Zahnfehlstellungen sind das Ergebnis von Zungen- und Lippenaktivität. Um z.B. Muskelhyperaktivitäten zu therapieren wurden kieferorthopädische Geräte eingesetzt, welche die Lippen und die Zunge abhalten sollten. Um Muskelhypoaktivitäten zu thera-

pieren wurden verschiedene Übungen zu Kräftigung der Muskulatur beschrieben.

Eine Vielzahl von Zahnfehlstellungen resultieren aus einer Diskrepanz zwischen den Zahngrößen und der Dimension der Zahnbögen. Ein mögliches Therapiemittel als Alternative zu Extraktionen ist der "Lip Bumper", dessen Aufgabe darin besteht, die mandibuläre Bogenweite zu vergrößern, Zähne zu distalisieren, sowie den Druck der Lippen- und Wangenmuskulatur abzuhalten. Der Effekt des Gerätes ist bewiesen, jedoch sind die damit erzielten Ergebnisse individuell sehr unterschiedlich.

Um die Effektivität von "Lip Bumpers" zu untersuchen, beschrieb HODGE [16] interdental Druckmessungen mittels eines speziell entwickelten "Druckbelastungsmessgerätes", welches explizit die distal auftretenden Kräfte messen kann. Es konnten bei Messungen an 38 Patienten keine Korrelationen zwischen der Kraft und der Lippenmorphologie, wie Lippenlänge und Lippendicke, sowie kompetentem oder inkompetentem Lippenschluss, herausgestellt werden. Ebenso traten keine Kraftunterschiede zwischen den Geschlechtern, sowie keine unterschiedlichen Kräfte zwischen den Probanden unterschiedlichen Overjets auf. Signifikante Unterschiede konnten nur bei den Patienten unterschiedlichen Overbites herausgestellt werden, hier traten die größeren Kräfte bei normalem Overbite auf.

Eruierung der unterschiedlichen Lippenkräfte vor und nach kieferorthopädischen Behandlungen erwachsener Probanden mit dem Lip Bumper waren Gegenstand der Untersuchungen KLOCKES [24]. Hierbei wurden die Ober- und Unterlippenaktivität mittels einer Oberflächen-Elektromyographie gemessen. 25 Patienten wurden über einen Zeitraum von 12 Monaten vor und nach ihrer Lip Bumper-Therapie mittels elektromyographischer Geräte untersucht. Unterschieden wurde zwischen auftretenden Kräften in der Ruheposition und in der Funktionsphase, d.h. während des Sprechens, sowie während des Schluckens, jeweils mit und ohne den LipBumper. Die auftretenden Kräfte waren mit dem Gerät insgesamt grösser, im Vergleich vor und nach der Behandlung konnte eine signifikant kleinere periorale Kraft nur beim Sprechen bestimmter Worte mit dem Lip Bumper verzeichnet werden. Im Vergleich der Ergebnisse nach der 12-monatigen Behandlung ohne das Gerät konnten keine signifikanten Unterschiede herausgestellt werden. Somit konnte keine muskuläre Adaptation konstatiert werden.

Weitere Untersuchungen der Ergebnisse einer Lip Bumper-Therapie wurden von

O'DONELL [33] vorgestellt. 25 zehn- bis siebzehnjährige Patienten wurden vor und nach ihrer Lip Bumper Therapie untersucht, die Zahnstellungen verglichen, sowie die Lippenkraft während der Ruhephase, während des Sprechens und des Schluckens gemessen. Zur Bestimmung der Lippenkraft wurden "Druck-Transducer" verwendet, die schon von HODGE [16] beschrieben wurden. So sollte eine mögliche Korrelation zwischen Lippendruck und der Zahnstellung untersucht werden. Von der Tendenz her konnte ein leichter Anstieg der Lippenkraft verzeichnet werden, der jedoch keinen signifikanten Unterschied zu den ursprünglichen Messwerten darstellte. Zahnbewegungen fanden in einem statistisch signifikanten Ausmass statt, der Platzgewinn kam über Distalisierung der Molaren zustande. Es bestand jedoch keine Korrelation zwischen den Zahnbewegungen und den gemessenen Lippenkräften. Es konnte auch kein signifikanter Unterschied zwischen den Lippenkraftmessungen der männlichen und weiblichen Probanden herausgestellt werden.

Eine weitere Methode zur Messung des intraoralen Lippendrucks bei Lip Bumper Therapie beschrieb SOO [52], indem er einen Halbleiter-Druckmesser in eine intraluminale Messanordnung brachte und den Druck im Bereich der Inzisivi, sowie der Canini ermittelte. Die Messungen erfolgte bei 10 Patienten der Angle Klasse I während der Ruhephase und während fünf funktioneller Übungen. Ausgehend von der Annahme, dass die Zahnstellungen durch das Muskelgleichgewicht der perioralen Muskulatur beeinflusst werden, sollten die von dem Gerät ausgehenden Kräfte dargestellt werden, sowie ein Vergleich der Muskelkräfte nach kieferorthopädischer Therapie mit dem Lip Bumper erfolgen. Auf Grund der Tatsache, dass im Bereich der Lippendruckmessungen grosse interindividuelle Variationen beschrieben werden [13],[14],[30],[59], werden weniger die absoluten Werte berücksichtigt, als die mögliche Zu- oder Abnahme des Lippendrucks. Es zeigte sich zunächst ein Anstieg des Drucks, gefolgt von einem Abfall unterhalb der Ausgangswerte. Dies spricht für eine reaktive Antwort der Muskulatur.

BISHARA [5] beschreibt die Wirkungen von Lip Bumpers mit einer Distalisierung unterer Molaren und einer resultierenden Labialbewegung der unteren Inzisivi. Beschrieben wurde auch eine Erweiterung der Bogenlänge. 10 Kinder mit einer Angle Klasse I-Verzahnung wurden nach achtmonatiger Lip Bumper-Therapie untersucht. Auffällig war ein signifikant hoher Anstieg der Lippenkraft nach einmonatiger Therapie, die aller-

dings nach Therapieende wieder auf den Anfangswert abfiel. Dies galt für die Messungen in der Ruhephase ebenso wie in der Funktionsphase, d.h. während des Sprechens, Schluckens, etc., was für eine grosse adaptative Antwort steht. Die absoluten Werte der Halbleiterdruckmessungen waren grösser als die von THÜER [58],[59] und KYDD [25] gemessenen Werte mit dem Folien-Spannungsmesser. Jedoch waren in der Studie weniger die absoluten Messwerte von Bedeutung, als die Veränderungen der Kraft innerhalb eines Zeitintervalls. Auffällig war eine grosse interindividuelle Variation der Messungen, wie sie auch schon von THÜER [59] und GOULD [14] konstatiert wurde.

INGERVALL [19] führte an 50 Kindern zwischen 7 und 13 Jahren mit differenten Arten von Gebissanomalien (Angle-Klassifizierung) Lippenkraftmessungen mittels eines Dynamometers durch. Die Probandengruppen bestanden aus 10 Klasse I Patienten, 38 Klasse II Patienten und einem Klasse III Patient. Die Messungen wurden mit der von POSEN [36] beschriebenen Methode mit dem "Pommeter" (Abbildung 10, Seite 11) durchgeführt. Das Gerät misst die maximale Kraft mit der die Lippen der Zugkraft entgegenwirken können. Es wurden an jedem Patienten 5 Messungen durchgeführt, jede durch kurze Pausen unterbrochen und der Mittelwert bestimmt. Danach erfolgte eine zweite Messungsrunde, in der gleichzeitig die EMG-Aktivität der Lippen bestimmt wurde. Zusätzlich befundete INGERVALL die gesichtsmorphologischen Parameter und führte FRS-Analysen durch. Es wurden die Zusammenhänge zwischen der Lippenkraft und den EMG-Messungen untersucht und mögliche Korrelationen zu den differenten Bissanomalien sowie lippenmorphologischen Kriterien eruiert. Es ergaben sich weder Korrelationen zwischen Lippenkraft und EMG-Aktivität, der dentoalveolären Morphologie einschliesslich der Frontzahninklination, noch bezüglich der Lippenmorphologie. Es konnte bezüglich der Lippenkraftmesswerte ebenfalls kein Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Patienten festgestellt werden, jedoch bestand eine signifikante Korrelation in Abhängigkeit von dem Alter der Probanden. Mit zunehmendem Alter stieg auch die Lippenkraft an.

Auch POSEN [36] befasste sich mit dem Einfluss, den die Kraft der perioralen Muskulatur sowie der Zungenmuskulatur auf die Zähne ausüben kann. Er untersuchte vier Patienten, zwei männliche zehnjährige Klasse I-Patienten, wobei einer der beiden einen normalem Overbite aufwies, der andere einen sehr grossen Overbite hatte. Eine weib-

liche 9-jährige Patientin mit Angle Klasse II/2, sowie eine weibliche 10-Jährige, die eine bimaxilläre dentoalveoläre Protrusion aufwies. Es sollte herausgestellt werden, inwiefern diese Zahnfehlstellungen in Korrelation zu den perioral auftretenden Kräften standen. Kraftmessungen wurden, wie in Kapitel 1.2.3. (Abbildung 10, Seite 11) beschrieben, mit einem HUNTER-Messgerät in Kombination mit einem Pommeter durchgeführt, das in der Lage ist, sowohl Zug, als auch Druckkräfte zu registrieren. Um eine mögliche Korrelation aufzeigen zu können, wurden Schüler, die eine Angle Klasse I aufwiesen, geordnet nach männlichen und weiblichen Probanden, sowie nach verschiedenen Altersklassen untersucht. Hierbei konnten signifikante Kraftunterschiede zwischen den Geschlechtern erst ab einem Alter von 16 Jahren verzeichnet werden, bei denen die männlichen Probanden eine erhöhte periorale Muskelkraft aufwiesen. Ein signifikanter Kraftanstieg mit dem Alter konnte bei beiden Geschlechtern konstatiert werden. Im Vergleich mit den vier anfangs untersuchten Patienten wurde eine signifikant grössere Lippenkraft in den Fällen mit einer nach lingual inklinierten Front, sowie bei der Klasse II/2-Verzahnung konstatiert, im Vergleich eine sehr verringerte Kraftkomponente in den Fällen der alveolären Protrusion mit inkompetentem Lippenschluss. Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen der Lippenkraft der Probanden mit normaler Okklusion und derer mit behandelten Zahnfehlstellungen.

THÜER [59] untersuchte die Relation zwischen Lippenkraft und Lippendruck an 84 Kindern im Alter von 7 bis 16 Jahren mit unterschiedlichen Gebissklassen. Die Lippenkraftmessung erfolgte mit dem Dynamometer, der Druck wurde an den Oberkiefer- und Unterkieferschneidezähnen (I'er) in Schlussbissposition, sowie während des Kau- und Schluckvorgangs gemessen. Der Lippendruck wurde mit einem extraoralen Druckmesser, eingebaut in ein wassergefülltes System mit intraoralem Mundstück, bestimmt. Die Muskelaktivitätsbestimmung erfolgte mit dem EMG. Es konnte eine insgesamt erhöhte Kraft in der Probandengruppe der Angle Klasse II/2, sowie eine niedrigere Kraftkomponente in der Gruppe der Angle Klasse I und II/1 konstatiert werden. Es bestand keine Korrelation zwischen dem Lippendruck und der Lippenkraft. Der Druck der Lippen auf die Zähne steht aber in signifikanter Korrelation mit der Zahnstellung. Die Lippenkraft während der Bewegungsphase war immer signifikant höher als in der Ruhephase. Es ist noch nicht geklärt, welche der, von extra- und intraoral einwirkenden Kräfte eine be-

stimmte Rolle auf die Zahnstellungen haben. Der Krafteinfluss der Zunge ist grösser als der der perioralen Muskulatur, hierbei sind die einwirkenden Kräfte während der Ruhephasen grösser, als die während der aktiven Phasen auftretenden Kräfte. Um die klinische Lippenkraft zu messen wurde von POSEN [36] das Pommeter eingesetzt. Er zeigte auf, dass die maximale Lippenkraft zwischen verschiedenen Befundklassen (Angle-Klassifizierung) different ist. Von INGERVALL und JASON [19] wurde diese Feststellung widerlegt. An fünfzig 7 bis 13-jährigen Kindern differenter Angle Klassen, wurden die üblichen kieferorthopädischen Untersuchungen, incl. FRS-Analyse, durchgeführt. Die Angle Klasse, sowie der Overjet und Overbite wurden bestimmt. Die Lippenkraft wurde mit dem von POSEN [34] beschriebenen Pommeter bestimmt. Der Lippendruck auf die Zähne wurde jeweils zwischen den Oberkiefer- und Unterkieferinzisivi gemessen, der intraorale Messpunkt war an der labialen Zahnoberfläche, woran eine Kanüle mit Verbindung zu dem Druck erzeugenden Apparat befestigt war. Das System war mit unter Druck stehendem Wasser gefüllt, wobei die die Kanüle bedeckende Lippe den Wasserfluss erschwerte und ein höherer Druck im Gerät registriert wurde. Diese Lippendruck-Messungen wurden in Ruheposition, sowie während des Schluckens und Kauens von Knäckebrot bestimmt. Zusätzlich erfolgte eine Muskelaktivitätsbestimmung mit dem EMG. Es erfolgte eine Messung der Lippenkraft, gleichzeitig eine Aufzeichnung des Lippendrucks der Ober- und Unterlippe mit Muskelaktivitätsbestimmung beider Lippen. Der Mittelwert der Lippenkraft betrug 173 g/1,6 N (zwischen 75 und 450 g), der Druck der Oberlippe in Ruheposition hatte einen Durchschnittswert von 2 g/cm<sup>2</sup>, der Druck der Unterlippe von 9 g/cm<sup>2</sup>. Es konnten keine Korrelationen zwischen dem Lippendruck und der Lippenkraft festgestellt werden. Korrelationen von Lippenkraft und Lippendruck bestehen mit dem Alter der Probanden, sie steigen mit dem Alter an, und scheinen kleiner zu sein, bei Kindern mit einem grossen Overjet, proklinierten Frontzähnen oder Angle Klasse II-Befunden. Der Oberlippendruck war gross bei Kindern mit einem grossen Overjet, sowie mit einer maxillären Prognathie und proklinierten Frontzähnen. Der Druck in Ruheposition nahm mit dem Alter ab. Bei Patienten mit Klasse II/2-Befund wird oft vermutet, dass sich der Lippendruck wie ein genetischer Faktor vor allem auf die Frontzahnposition auswirkt. Auf Grund dessen hat LAPATKI [26],[27] Untersuchungen angestellt, deren Ziel es war eine Gruppe von

Klasse II/2-Patienten bezüglich des Lippendrucks mit einer Kontrollgruppe bezüglich der auftretenden Kräfte auf die cervikalen und inzisalen Regionen der Frontzähne zu überprüfen, sowie die Bedeutung der Lippenlinie und der perioralen Muskelaktivität herauszustellen. Schon ZUVOR befasste sich LAPATKI mit der Möglichkeit elektromyographischer Messungen der Gesichtsmuskeln. Bei 42 vollbezahnten Patienten mit jeweils 21 Klasse II- und 21 Klasse I-Befunden wurden zur Messung des Lippendrucks vier kleine Messelektroden an den Zähnen befestigt. Um die Restaktivität des *M. orbicularis oris*, des *M. depressor labii interior* und des *M. mentalis* zu messen, wurden speziell für den perioralen Bereich entworfene Elektroden verwendet. Die Druckbestimmung erfolgte in  $\text{cN/cm}^2$ . Der Druck in den inzisalen Bereichen bei Klasse II Patienten war positiv, im cervikalen Bereich negativ. Es herrschte eine signifikante Korrelation zwischen dem gemessenen Lippendruck und der Frontzahninklination. In dieser Studie konnte zum ersten Mal herausgestellt werden, dass Patienten mit einer Klasse II Verzahnung einen höheren Lippendruck aufweisen als Klasse I Patienten. Diese Studie unterstützt die Theorie, dass lokal genetische Faktoren eine wichtige Rolle in der Ätiologie von Zahnfehlstellungen spielen.

In den Untersuchungen PROFFITS [37],[38] wurde ein intraoraler Druckmesser bei 25 jungen, männlichen Probanden angewandt, der die Druckunterschiede zwischen der Ruhestellung der perioralen Muskulatur, sowie während des Schluckvorgangs aufzeichnen sollte. Ein bestehender Ruhedruck der Lippen gegen die Zähne konnte nur bei zwei der 25 Probanden nachgewiesen werden. Während des Schluckvorgangs konnte ein erhöhter Lippendruck verzeichnet werden, der im Vergleich zum Zungendruck schwächer, aber dafür von längerer Dauer ist. Einen Bezug zu den Zahnstellungen stellte PROFFIT in vergleichenden Untersuchungen zwischen Nord-Amerikanern und Aborigines an, bei denen mit dem gleichen intraoralen Druckmesser gearbeitet wurde. Die Druckmessungen wurden während des Sprechens verschiedener Sprachen, sowie während des Schluckens sowie in den Ruhephasen durchgeführt. Kennzeichnend für die australischen Ureinwohner war ein grosser Zahnbogen, sowie eine bimaxilläre Protrusion. Von Interesse war hierbei nicht die absolute Kraft, sondern das Gleichgewicht zwischen der Lippen- und Zungenkraft. Zusätzlich wurde nochmals konstatiert, dass für die Formung des umliegenden Gewebes nicht die Kraftkomponente während der Be-

wegungsphasen entscheidend ist, sondern der in der Ruhephase ausgeübte Druck.

Auch für GOULD [13] spielte die Lippenkraft eine grosse Rolle. Ziel seiner Studie war es zunächst herauszufinden, in welcher Entfernung eine Messanordnung von der Zahnoberfläche liegen darf, um exakt die auf die Zahnoberfläche einwirkende Kraft messen zu können. Es sollte eine Messung der auf die Zähne einwirkenden Kräfte durchgeführt werden, ohne die periorale Muskulatur durch zu grosse Apparaturen zu irritieren. Die Messanordnung bestand aus einem Widerstandsmesser, der die Distorsion eines an den Zahnoberflächen befestigten Metalldrahtes registrieren sollte. Der Draht wurde in den Interdentalräumen festzementiert, was eine möglichst geringe Störung der Muskulatur gewährleistete. Unterschiede in der Kraftmessung traten nicht nur auf, wenn die gleiche Messung bei verschiedenen Personen durchgeführt wurde, sondern auch in Abhängigkeit von der Lokalisation der Messung, bei der gleichen Bewegungsabfolge in der gleichen Messserie. Von höchster Priorität war also, eine Messanordnung zu finden, die eine robuste und fast nicht beeinträchtigende Anbringung der Geräte beinhaltete.

GOULD [14] führte weitere Versuche durch, in denen er bei Probanden unterschiedlicher Gebisstypen die einwirkenden Kräfte der Lippen und Wangen auf die Zähne dokumentierte. Er untersuchte drei Gruppen: Klasse II/1-Patienten, Klasse II/2-Patienten und Klasse III-Patienten. Jede Gruppe bestand aus 10 jungen Männern. Als Kontrollgruppe standen Probanden der Klasse I zur Verfügung. Während der Messungen wurden verschiedene Übungen durchgeführt: die Aussprache des Buchstaben "M", Schlürfen von warmen Wasser aus einem Glas und Wegblasen der Wangen und Lippen von den Zähnen. Die Variationen zwischen den einzelnen Patienten und den einzelnen Gruppen waren beträchtlich. Beim Vergleich der Messungen zwischen den einzelnen Gruppen fällt auf, dass die Kräfte im Oberkieferzahnbogen bei allen Probanden ähnlich sind, im Gegensatz zu den auf den Unterkiefer einwirkenden Kräften. Obwohl Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen bestanden, waren diese meistens nicht als signifikant einzustufen. Kein signifikanter Unterschied trat auf im Vergleich der Klasse I Probanden und der Gruppe der Klasse II/2 und III Probanden. Hingegen konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der Klasse II/2 und der Klasse III bei der Messung während des Schluckens herausgestellt werden, wobei die Probanden der Klasse II/2 einen viel höheren Wert erreichten. Insgesamt waren nur bei den Klasse II/1 Patienten signifikant

grössere Kräfte gemessen worden. Im Vergleich der Klassen II/1 und III konnten bei der Klasse II/1 stärkere Kräfte im Bereich der Prämolaren und der Oberkiefer- und Unterkieferfront während der Schluckübung gemessen werden. Bei der Klasse III traten im Vergleich zur Klasse II/1 stärkere Kräfte bei der Luftübung im Molarenbereich auf.

SATOMI [40] untersuchte in seiner Studie die Korrelation zwischen der Lippenkraft, dem Lippenschluss und dem Effekt des Lippentrainings auf die Lippenhaltung. Ausgehend von einer Lippenkraft von 1,4-2 kg (= 13,3-19,6 N) wurde versucht einen Zusammenhang mit dem Lippenschluss darzustellen. Eine Kontrollgruppe von 100 Patienten mit kompetentem Lippenschluss wurde bezüglich des Alters, des Geschlechts und der Gebissklassifikation mit 91 Personen verglichen, die einen inkompetenten Lippenschluss aufwiesen und mit der Knopf-Zug Übung ihre Lippenkraft trainiert hatten. Die zwischen 5- und 20-jährigen Probanden beider Gruppen zeigten ein durchschnittliches Alter von 11,2 Jahren. Das Verhältniss der männlichen zu den weiblichen Probanden war 3:1, der grösste Teil der Patienten hatten einen frontoffenen Biss, bzw. eine Klasse III Verzahnung. Die Lippenkraft wurde mit einem Druckmesser ermittelt und der Zusammenhang zwischen der ansteigenden Lippenkraft und dem Lippenschluss untersucht. Zusätzlich erfolgte ein Vergleich der Knopf-Zug Gruppe mit einer 35 Probanden starken Kontrollgruppe inkompetenten Lippenschlusses, die zwar eine myofunktionelle Therapie, aber nicht die Knopf-Zug-Übung durchführte. Es bestand in der Messung der Lippenkraft kein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe mit und ohne Knopf-Zug-Übung. Zu Beginn des Trainings wurde eine Lippenkraft von 0,78 kg/7,6 N gemessen. Nach einer sechsmonatigen Trainingsphase konnte ein Anstieg der Kraft auf 1,59 kg/15,6 N verzeichnet werden, zusätzlich bei ca. 40 % der Probanden ein Wechsel zum kompetenten Lippenschluss. In der Gruppe mit myofunktioneller Therapie ohne die Knopf-Zug-Übung wurde ein über 50 %iger Anstieg des Lippenschlusses verzeichnet. Insgesamt war kein signifikanter Unterschied erkennbar, ob die Knopf-Zug-Übung in der Therapie eingeschlossen war oder nicht. Bei 72 % der Probanden konnte trotz einer angestiegenen Lippenkraft kein kompetenter Lippenschluss erreicht werden.

SCHOPF [42] befasste sich mit der Konstruktion einer Messsonde zur Registrierung des Zungen- und Lippendrucks. Eine Funktionsanalyse des Gebisses, der Zungen- und Lip-

penmuskulatur wurde mit dem Ziel durchgeführt, Zusammenhänge zwischen Zahnfehlstellungen und dem Gleichgewicht der perioralen Muskulatur darzustellen. Das Bestreben bestand darin, die Druckbelastung von Seiten der Lippen und der Zunge metrisch zu erfassen. Schon 1889 beschrieb FERE ein Federmessgerät zur Messung des Zungendrucks. Um die Nachteile der mechanischen Registrierung zu vermeiden wurden hydraulische und pneumatische Druckaufnehmer verwandt. Diese erwiesen sich jedoch als zu voluminös, so dass versucht wurde mit einem kapazitiven elektronischen Druckaufnehmer und mittels eines Lichtstrahloszillographen zu messen. Eine weitere Methode bestand in der Anbringung von Dehnungsmessstreifen, um eine optimale statische und dynamische Messung von Zungen- Lippen- und Wangendruck durchzuführen. Der Vorteil bestand in der grazilen und raumsparenden Ausführung der Messelemente, die zu verwertbaren Resultaten führten. Das Hauptproblem in der Messung des Drucks der perioralen Muskulatur liegt also in den stark differierenden Messmethoden. In dieser Studie wurden nach umfangreichen Vorversuchen Dehnungsmessstreifen in Verbindung mit elektronischen Verstärkern und Anzeigeinstrumenten verwendet. Es werden Dehnungsmessstreifen aus dünnem Widerstandsdraht an Kunststoffstreifen verwendet, die mit dem Messinstrument verbunden sind. Zur Registrierung wird der Messstreifen auf eine Metallmembran geklebt, deren Durchbiegung als Folge der Druckbelastung metrisch zu erfassen ist. Als Messinstrument wurde eine Trägerfrequenz-Messbrücke verwendet, deren Prinzip darin besteht, dass durch eine einwirkende Kraft eine Längenveränderung und damit eine Widerstandsveränderung des Dehnungsmessstreifens resultiert. Um die Messgeräte am Zahn zu fixieren, wurden Tiefziehfolien verwendet. Mit dem beschriebenen System wurden nun umfangreiche Messungen des Lippen- und Zungendrucks durchgeführt.

SCHOPF [42],[43] untersuchte die Druckbelastung der Schneidezähne bei Dysfunktionen der mimischen Muskulatur. Wichtig waren hierbei die Auswirkung von Parafunktionen der Kaumuskulatur und von Parafunktionen der mimischen Muskulatur, einschliesslich der Zungenmuskulatur. Es wurden 45 Patienten im Alter von 8 bis 12 Jahren entsprechend ihrer klinisch sichtbaren Merkmale, wie einer vergrösserten horizontalen Frontzahnstufe, einem frontal offenen Biss oder einer bilateralen Protrusion, ausgewählt und mit einer Kontrollgruppe von 15 Kindern ohne Fehlfunktionen und einer ortho-

axialen Frontzahnstellung verglichen. Als Druckaufnehmer wurden Messsonden mit Dehnungsmessstreifen verwendet und an den Labial-, Palatinal- und Lingualflächen befestigt. Bei der Untersuchung der Druckbelastung oberer und unterer Inzisivi während des Schluckaktes konnte herausgestellt werden, dass die Druckbelastung der Zunge die Kraftentwicklung der Lippen übertraf. Zusätzlich zeigte der Vergleich der lippenbeissenden Patienten mit einem Oberlippendruck von  $42,3 \text{ p/cm}^2$  ( $0,41 \text{ N/cm}^2$ ) bzw.  $45 \text{ p/cm}^2$  ( $0,44 \text{ N/cm}^2$ ) einen höheren Wert als der Oberlippendruck der zungenaktiven Probanden mit  $31,2 \text{ p/cm}^2$  ( $0,30 \text{ N/cm}^2$ ). Insgesamt war der Zungendruck beim Schluckakt im Oberkiefer deutlich höher als der Lippendruck. Die von der Unterlippe ausgehenden Kräfte während des Schluckens waren vor allem bei den "Lippenbeissern" am deutlichsten ausgeprägt. Das Ungleichgewicht zwischen den oralen und vestibulären Kräften während der unterschiedlichen Funktionsmuster wird durch die Anatomie kompensiert. Dies ist beim Auftreten von Dysfunktionen nicht mehr der Fall, so dass ein kausaler Zusammenhang zwischen den Fehlfunktionen der Zunge und der Lippen, sowie den Zahnfehlstellungen besteht.

SHELLHART [45] befasste sich mit dem Einfluss der Lippen- und Zungenkraft auf die Zahnpositionen. Es musste eine Möglichkeit gefunden werden, die Lippenkraft präzise zu messen. Ein Wandler mit einem Balkenmechanismus, der auf die einwirkende Kraft mit elastischer Deformation reagiert, wurde in vielen Studien verwendet. Das Ergebnis kann am Computer angezeigt werden, wenn der Apparat Teil eines Schaltkreises ist. Es ist nur eine Kraftmessung in eine Richtung möglich, dies zeigt die Einschränkung in der Anwendung. In den neueren Studien werden Wandler mit einem Diaphragma-mechanismus verwendet, welche Kräfte, die aus verschiedenen Richtungen einwirken, messen können. Zusätzlich können diese Messsonden enger an der zu messenden Stelle angebracht werden. Ziel der Studie von SHELLHART [45] war es, die Genauigkeit und Glaubwürdigkeit dieser Methoden herauszustellen. Es wurden 22 Patienten, im Alter von 20-30 Jahren mit einer Klasse I-Verzahnung untersucht. Die Elektroden wurden, nachdem individuelle Einbiss-Schienen angefertigt wurden, nahe an der Zahnoberfläche platziert und alle Messungen mit dem Computer aufgezeichnet. Zunächst wurde der Ruhetonus über 10 Sekunden registriert, dann die Messungen 3 x durchgeführt und der Mittelwert errechnet. Der durchschnittliche Druck im Bereich der Einser betrug

19,7x10<sup>2</sup> N/m<sup>2</sup> und 10,9x10<sup>2</sup> N/m<sup>2</sup> an den Dreiern, gemessen mit dem Balken-Messgerät. Mit dem Diaphragma-Messgerät betrug der Druck im Bereich der Einser 7,4x10<sup>2</sup> N/m<sup>2</sup> und 4,5x10<sup>2</sup> N/m<sup>2</sup> im Bereich der Dreier. Beide Messmethoden zeigten einen mehr als doppelt so grossen Druck im Bereich der Einser als an den Dreiern, wobei der Messfehler mit dem Balken-Messgerät etwas grösser war. Der Unterschied in der Messung zwischen den beiden Geräten kann mit dem unterschiedlichen Abstand der Messelektroden zu den Zähnen zusammenhängen. Der gemessene Druck des Balken-Messgerätes ist vergleichbar mit den Messergebnissen anderer Studien, im Gegensatz zum Diaphragma-Messgerät, der um einiges geringer war.

Weitere Untersuchungen zur Lippenkraft wurden auch mit verschiedenen Spannungsmessern durchgeführt. So befasste sich auch JACOBS [21],[20] mit den Einflüssen der Lippenkraft auf die Zähne. Ziel seiner Studie war es, die longitudinalen Effekte einer gestörten Okklusion auf die periorale Muskulatur zu testen. Testperson war ein 28-jähriger junger Mann, der auf Grund eines massiven Kariesbefalls alle Zähne verlor. Die orthodontische Analyse mittels der Fernröntgenseitenaufnahme (FRS) ergab eine Klasse II/1 Verzahnung. Die Messungen erfolgten vor und nach einer prothetischen Versorgung mit einem in die Prothesen eingebauten Spannungsmessgerät. Verglichen wurden die Spannungsverhältnisse mit einer prothetischen Versorgung, die einen starken Overbite und Overjet aufwies, sowie mit einer Versorgung normalen Overjets und Overbites. Die Messung der Muskelspannungen im perioralen Bereich ergab verschiedene Kräfte in den unterschiedlichen Gebissklassen. Werden diese Kräfte in den Index of Muscular Accomodation (IMA) übertragen, ergeben sich für Klasse II/1 hohe Werte, während in der Klasse III und I mit frontoffenem Biss sehr niedrige Werte gemessen wurden. Der IMA wird berechnet aus dem jeweiligen Quotienten von Kontraktionskraft und tonischer Kraft der mandibulären Werte durch die maxillären Werte.

$$\text{IMA} = \frac{\text{mändibuläre Kontraktionskraft}}{\text{maxilläre Kontraktionskraft}} : \frac{\text{mandibuläre tonische Kraft}}{\text{maxilläre tonische Kraft}}$$

Die IMA-Werte passten sich der skelettalen und okklusalen Situation an. Messwerte der unbeeinträchtigten Okklusion waren niedriger als die Werte mit starkem Overjet und Overbite. Diese Tatsache kann auch elektromyographisch. belegt werden. Das heisst, dass mit dem IMA-Wert gut gearbeitet werden kann und er die Weichteilsituation gut

wiederspiegeln kann, wie auch JACOBS Studie mit 48 Kindern aufzeigte. Eine Unterteilung der Probanden nach der Angle-Klassifizierung ergab 5 Gruppen: Patienten der Angle Klasse I, der Angle Klasse II/1 und II/2, der Klasse III und der Klasse I mit frontoffenem Biss. Die Messung des Muskeltonus sowie der muskulären Kontraktionskraft erfolgte mit Spannungsmessern im mandibulären und maxillären Vestibulum.

Eine weitere Möglichkeit der Lippenkraftmessung ist die elektromyographische Untersuchung. So befasste sich TALLGREN [54] mit dem Einfluss der myofunktionellen Geräte auf die orofaziale Muskelaktivität. Die Thematik des Einflusses der Lippen und Zungen-Funktion auf das Gebiss in der Zeit des Zahnwechsels wurde schon mehrfach erörtert. Viele Geräte wurden mit dem Ziel entwickelt, die oralen Fehlfunktionen zu eliminieren und ein muskuläres Gleichgewicht herzustellen. Zahnfehlstellungen resultieren oftmals aus einem Ungleichgewicht der sie umgebenden Muskulatur. Ziel der Studie war es, den Effekt der Behandlung mit myofunktionellen Geräten auf die orofaziale Muskulatur, sowie Veränderungen in der kraniofaziellen Morphologie bei Kindern mit oralen Dysfunktionen zu untersuchen. Das Probandenkollektiv besteht aus 9 Kindern, 7 Mädchen und 2 Jungen, mit Lippen- oder Zungendysfunktionen im Alter von 7,5 bis 12,3 Jahren. Die beschriebenen Lippen- und Zungendysfunktionen beinhalten eine erhöhte Lippenaktivität mit einer Oberkieferfrontzahnprotrusion und einem deutlichen Overjet. Im Bezug auf die vertikale Relation hatten 4 Kinder einen offenen Biss, wovon 3 einen inkompetenten Lippenschluss aufwiesen, alle 9 hatten eine erhöhte Zungenaktivität. 4 Kinder wiesen eine Klasse I-, 5 Kinder eine Klasse II-Verzahnung auf. EMG-Untersuchungen wurden in vier Stadien durchgeführt, jeweils mit dem Gerät und ohne Gerät. Hierbei handelt es sich um das von CHENEY [7] beschriebene Oralschild. Das Gerät sollte jede Nacht getragen werden und wurde aktiviert durch den Schluss der Lippen. Die Messungen wurden im Schlussbiss, während des Schluckens von Speichel und während des Saugens an einem Strohhalm durchgeführt. Zusätzlich erfolgten Fernröntgenseitenanalysen. Im Bezug auf die Muskulatur wurde nur eine geringe Aktivitätssteigerung im Vergleich mit und ohne Gerät gemessen. Die Unterlippenaktivität schien ohne Gerät etwas abzunehmen. Die Messwert nahmen während des Saugens am Strohhalm mit und ohne Gerät im Verlauf ab. Die Probandengruppe mit Lippen- und Zungendysfunktionen zeigte also nach der Therapie mit dem Oralschild eine Abnahme

der Muskelfunktion während der Bewegungsphase.

TOSELLO [60] untersuchte die Elektromyogramm (EMG)-Aktivität der perioralen Muskulatur. Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Aktivität des *M. orbicularis oris* und des *M. mentalis* während verschiedener von den Lippen ausgeführter Bewegungen bei Klasse I- und Klasse II-Patienten mit inkompetenten Lippenschluss und atypischem Schluckmuster zu messen. Zu den Bewegungen gehörten das Aufblasen der Wangen, das Andrücken der Lippen gegen die Zähne oder gegeneinander, sowie das Blasen durch einen Strohhalm. Die Aktionspotentiale des oberen und unteren *M. orbicularis oris* sowie des *M. mentalis* wurden bei 18 Kindern beider Geschlechter im Alter zwischen 8 und 12 Jahren gemessen. Es erfolgte eine Unterteilung in 3 Gruppen: 6 Patienten mit Klasse II/1 und kompetenten Lippenschluss, 6 Patienten mit Klasse II/2 und inkompetenten Lippenschluss, sowie 6 Patienten mit normaler Okklusion. Alle Kinder hatten ein Wechselgebiss, diejenigen mit gestörter Okklusion waren noch nicht in kieferorthopädischer Behandlung. Die Aktivität des *M. mentalis* war in der Gruppe des inkompetenten Lippenschlusses erhöht, diese Tatsache kann am Versuch der Muskulatur liegen den Overjet zu kompensieren und einen Lippenschluss möglich zu machen. Dies geschieht hauptsächlich in dem oberen Anteil des *M. orbicularis oris* und im *M. mentalis*, um die Unterlippe anzuheben. Es scheint somit offensichtlich zu sein, dass in Fällen von Zahnfehlstellungen die Muskulatur einen grösseren Aufwand betreiben muss, um Bewegungen auszuführen. Beim Zusammenpressen der Lippen war die Aktivität der Muskelgruppen sehr ähnlich, lediglich der untere Anteil des *M. orbicularis oris* zeigte eine erhöhte Aktivität in der Klasse II Verzahnung mit inkompetenten Lippenschluss, was heisst, dass die Aktivität des Muskels nicht von der Verzahnung, sondern eher von der Qualität des Lippenschluss abhängt. Die Aktivität des *M. mentalis* in der Gruppe der Klasse II Verzahnung mit inkompetentem Lippenschluss stand im Gegensatz zu den anderen beiden Gruppen. Insgesamt waren die Muskelaktivitäten der Gruppe mit dem inkompetenten Lippenschluss am höchsten. Es wurde festgestellt, dass die Aktivität des unteren Anteils des *M. orbicularis oris* in allen Gebissklassen immer höher war als im oberen Anteil des Muskels, ausser beim Andrücken der Zähne gegen die Lippen, wo der obere Anteil eine höhere Aktivität aufwies.

YAMAGUCHI [61] untersuchte 66 junge Japaner, davon 49 mit positiven Overjet und

Overbite und 17 mit frontoffenem Biss. Die Lippenposition wurde in Ruhestellung betrachtet, sowie eine FRS-Analyse durchgeführt. Zusätzlich erfolgten EMG-Messungen am M. orbicularis oris, am M. mentalis und am M. depressor. Ein "Kompetenter Lippenschluss" ist definiert als leichter Lippenkontakt in klinischer Ruhestellung, ohne Muskelaktivität und dem Unterkiefer in Ruheposition. Der inkompetente Lippenschluss hingegen weist eine erhöhte Muskelaktivität der Unterlippe und der Zunge auf, die notwendig ist, um einen Lippenschluss zu gewährleisten. Es erfolgte eine Einteilung der Probanden in zwei Gruppen, mit kompetentem Lippenschluss (EMG-Wert bei geschlossener Lippen – EMG-Wert bei geöffneten Lippen = negativer Wert) und inkompetentem Lippenschluss (EMG-Wert bei geschlossener Lippen – EMG-Wert bei geöffneten Lippen = positiver Wert). Die EMG-Aktivität des M. mentalis war in der Gruppe des inkompetentem Lippenschlusses signifikant höher, ebenso wie die Aktivität des M. depressor der Unterlippe. Die Muskelaktivität der Oberlippe war hingegen in beiden Testgruppen gleich hoch. Bezüglich des Overjets und Overbites herrschten keine Unterschiede der gemessenen Muskelaktivitäten der Lippen zwischen den beiden Gruppen. Die Patientengruppe mit einem inkompetentem Lippenschluss wies eine Korrelation zwischen der OK- und UK-Frontzahninklination und den gemessenen EMG-Werten auf. Die Gruppe mit dem frontoffenen Biss konnte jedoch keine Korrelation zwischen den skelettal-dentalen Verhältnissen und der EMG-Aktivität verzeichnen.

KATO [23] führte Messungen der perioralen Muskelkraft mit einem telemetrischen Gerät durch und stellte somit aktive und passive Kräfte auf den maxillären Zahnbogen dar. Mittels einer elektromagnetischen Kupplung zwischen der intra- und extraoralen Einheit können so die auftretenden Variationen der perioralen Muskelkraft gemessen werden, im Gegensatz zu den meisten Messungen dieser Art, die nur Kurzzeit-Messungen darstellen, sind Langzeitaufzeichnungen der auftretenden Kräfte von bis zu 6 Stunden möglich. Die Messungen der vier männlichen Klasse I Probanden zeigten auf, dass die Kraftmessungen über einen längeren Untersuchungszeitraum niedrigere Werte verzeichnen konnten, als die Messung über kurze Perioden. Im Bereich der Oberkiefer Frontzähne konnten während der Ruhephase Werte von  $1,5 \text{ gm/cm}^2$ , entsprechend  $1,5 \text{ N/cm}^2$  während des Schluckens  $10,9 \text{ gm/cm}^2$ , entsprechend  $10,9 \text{ N/cm}^2$  und während des Sprechens  $5,0 \text{ gm/cm}^2$ , entsprechend  $5,0 \text{ N/cm}^2$  konstatiert werden.

LINDEMANN [28] befasste sich mit den Möglichkeiten der Messung intraoraler Muskelkräfte während funktioneller Übungen. Ziel der Studie war es zum einen, eine noninvasive Messanordnung zu finden, mit der Muskelkräfte quantifiziert werden können, zum anderen in einer Pilotstudie die intraorale Muskelkraft bei 5 Erwachsenen zu ermitteln. Unterschieden wurde zwischen Messungen mittels eines Folien-Spannungs-Messgerätes, eines elektrischen Druckwandlers und eines Ladungsmessers bei fünf Erwachsenen mit sieben funktionelle Übungen. Alle Probanden hatten eine Klasse I-Verzahnung, einen normalen Overbite und Overjet, sowie keinerlei neuromuskuläre Defizite. Alle Messanordnungen basieren auf dem Prinzip der Wheatstone-Brücke. Das Folienspannungs-Messgerät ermittelt die durch Muskelkraft erfolgte Verformung der Messanordnung, abhängig von ihren elastischen Eigenschaften, wodurch eine Quantifizierung der intraoralen Kräfte erfolgen kann. Sowohl der elektrische Druckwandler, als auch der Ladungsmesser zeigen im Vergleich eher die absolute Kraft an, als den Druck. Durch die zusätzliche Messgröße „Oberfläche“ kann jedoch auch der Druck zum Vergleich der Messanordnungen ermittelt werden. Bei fünf Erwachsenen wurden nach Adaptation an die Mundtemperatur die Messanordnungen unter dem konstanten Lippen-Ruhe-Druck auf Null geeicht. Die Messungen wurden während bestimmter funktioneller Übungen, wie dem Sprechen bestimmter Worte, dem Schlucken, Kauen, Saugen oder Blasen durchgeführt. Herausgestellt werden konnte, dass der elektrische Druckwandler die grösste Messgenauigkeit aufwies, in Kombination mit den Übungen "Schlucken", sowie mit der Aussprache bestimmter Worte konnten die Messungen am besten reproduziert werden. Zusätzlich werden die Messungen genauer, je kleiner und dünner die Messanordnung ist.

### **1.3 Relevante Parameter der kieferorthopädischen Modellanalyse**

Die Modellanalyse ist ein fester Bestandteil der kieferorthopädischen Basisdiagnostik. Sie liefert wichtige Hinweise bei der Beurteilung von Dysgnathien. Die Modellanalyse beinhaltet die Erfassung der Breite und der Länge des Zahnbogens, sowie die Erfassung von Stellungsanomalien von Einzelzähnen und Zahngruppen. Zusätzlich wird ein intra-maxillärer sagittaler und transversaler Symmetrievergleich und ein Vergleich der Kongruenz oder der Inkongruenz zwischend der Zahnbogenmitte und der Kiefermitte ange-

stellt. Es werden auch die Verhältnisse zwischen dem "Platzbedarf" und dem "Platzangebot" der Zähne bezüglich der Zahnbogenlänge betrachtet und eine Analyse der Zahnbreiten durchgeführt. Die Breitensummen der Insisivi (BSI) stellen Ausgangswerte für die Beurteilung der Kieferbreiten und der Relationen zwischen Ober- und Unterkieferzahnbreiten dar. Die Auswertung der Modelle kann mit verschiedensten Hilfsmitteln erfolgen, z.B. mit Stechzirkeln, Messstäbchen, Messplatten oder Messtischen bis hin zu digitalen Hilfsmitteln, wie elektronischen Schieblehren. Im Folgenden werden die für die vorliegende Studie relevanten Parameter der kieferorthopädischen Modellanalyse im einzelnen dargestellt.

### ***1.3.1 Frontaler dentaler Tiefbiss***

Bei einem Überbiss (Overbite) von ca. 2-3 mm spricht man von einem "normalen" vertikalen frontalen Überbiss. Mehr als 3,5 mm Überlappung der Frontzähne wird als 'tiefer Biss' bezeichnet. Frontal tiefe Bissituationen können bis hin zu einer traumatischen Okklusion, d.h. zu einem Einbiss in die Gaumenschleimhaut oder vestibulären Mukosa (Abbildung 13 ,14) ausgeprägt sein. Hervorgerufen wird ein solcher Tiefbiss durch verschiedene Faktoren, wie übermässiges Längenwachstum der Alveolarfortsätze (direkte Faktoren), einer Retrusion der Schneidezähne (indirekte Faktoren) und Kombinationen dieser direkten und indirekten Verlängerungen [32]. HOTZ [18] unterscheidet klinisch zwei Formen, abhängig von dem unterschiedlichen Interokklusalabstand bei der Ruheschwebe des Unterkiefers: den Pseudotiefbiss (geringer vertikaler Abstand der Zahnreihen) und den echten Tiefbiss (regelrechter oder vergrößerter vertikaler Abstand).

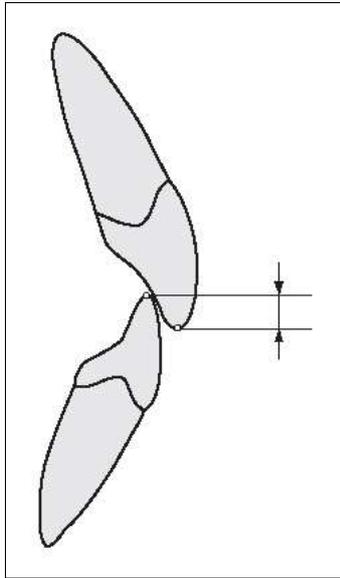


Abbildung 13: Normaler Überbiss [32]

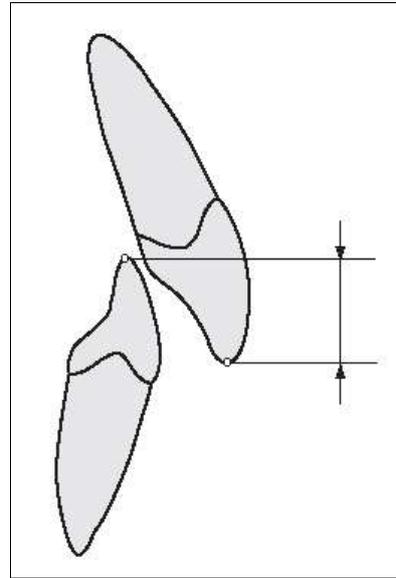


Abbildung 14: Tiefer Biss [32]

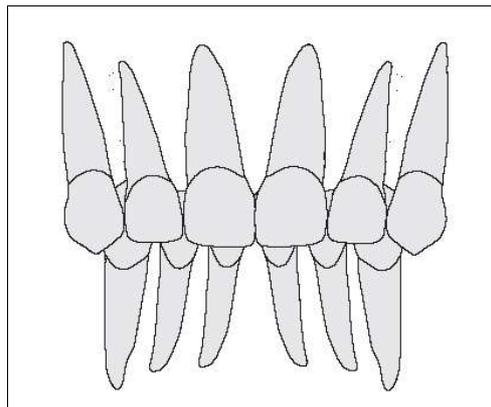


Abbildung 15: Frontaler Tiefbiss [32]

### 1.3.2 Angle-Klassifizierung

Eine einfache und gut reproduzierbare Einteilung der Gebissanomalien wurde zum Ende des 19. Jahrhunderts von EDWARD HARTLEY ANGLE [4] entwickelt. Sie findet nicht zuletzt deswegen bis heute Anwendung in der internationalen Literatur und Praxis. Bei dieser Klassifikation steht die Bestimmung der Bisslage in der sagittalen Dimension im Vordergrund, d.h. die Relation der ersten Molaren des Ober- und Unterkiefers zueinander wird betrachtet. Schon 1899 waren die Referenzpunkte der Klassifizierung die ersten Molaren des Oberkiefers, sowie die Eckzähne. Auf Grund des „Key of occlusion“ ging ANGLE von einer Unbeeinflussbarkeit des Oberkiefers aus, was dazu führte, dass der obere erste Molar als "immer in der richtigen Position stehend" betrachtet

wurde. Es werden grundsätzlich drei Angle Klassen unterschieden:

### 1.3.2.1 Angle Klasse I

Der mesiobukkale Höcker des ersten oberen Molaren okkludiert in die mesiobukkale Querfissur des unteren ersten Molaren. Der obere Eckzahn greift in den Zwischenraum des unteren Eckzahnes und dem ersten Prämolaren (Neutralbiss). Der Begriff Neutralbiss beinhaltet jedoch nicht eine prinzipiell normgerechte Okklusion, es können auch hier pathologische Befunde, wie z.B. Engstände, bestehen (Abbildung 16).

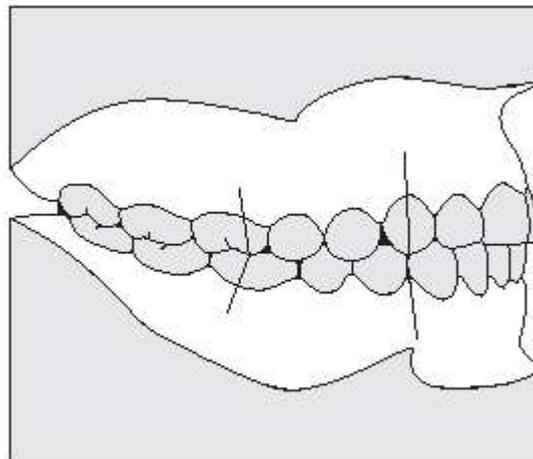


Abbildung 16: Angle Klasse I [31]

1.3.2.2 Angle Klasse II

Bei einer Distalokklusion okkludieren die Unterkieferseitzähne im Verhältnis zu den oberen 6-Jahrmolaren weiter distal, die Unterkieferdentition liegt relativ zu den Oberkiefermolaren bzw. -eckzähnen weiter distal (Abbildung 17).

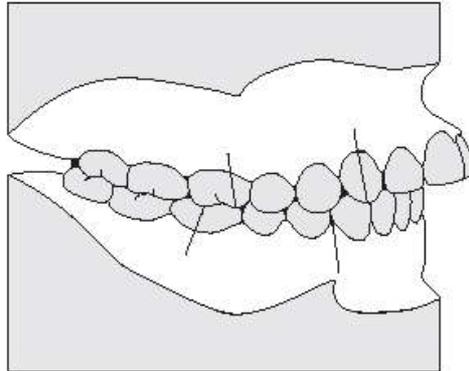


Abbildung 17: Angle Klasse II [31]

1.3.2.3 Angle Klasse III

Bei einem Mesialbiss okkludiert der Unterkiefer zu weit mesial. Der Unterkieferalveolarfortsatz ist relativ zu dem Oberkieferalveolarfortsatz vorverlagert (Abbildung 18).

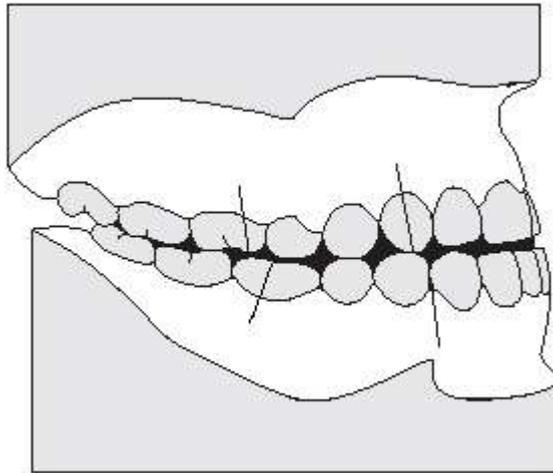


Abbildung 18: Angle Klasse III [31]

## **2. Material und Methode**

### **2.1 Probandenkollektiv**

Im Rahmen eines epidemiologischen Langzeitforschungsprojektes wird in dieser Studie mit einem mehr als 300 Probanden starken Kollektiv gearbeitet, bestehend aus ostwestfälischen Schulkindern. Die Schüler aus der "Annette von Droste-Hülshoff-Schule" in Nienberge bei Münster kamen im Alter von 7-10 Jahren in jährlichem Abstand in die kieferorthopädische Abteilung des Zentrums für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde Münster. Bei allen Untersuchungsterminen wurden die Probanden anamnestisch befragt und anschliessend klinisch untersucht. Alginatabformungen des Ober- und Unterkiefers wurden zur Herstellung von Gipsmodellen angefertigt. Mit Hilfe einer Federwaage nach GARLINER [12] wurde die maximale Lippenkraft ausschließlich von in die Methode eingewiesenen Kieferorthopäden und Zahnärzten in der kieferorthopädischen Weiterbildung gemessen.

Aus der zufällig ausgewählten Population der Schulkinder wurden nach spezifischen Kriterien Probanden exkludiert und für die anschliessenden Querschnitts- und Longitudinalauswertungen weiter untergruppiert.

Insgesamt konnten 388 neunjährige Schüler untersucht werden (Abbildung 19). Die klinische Datenerhebung erfolgte über mehrere Jahre, indem jeweils die gesamten Klassenverbände dieser Grundschule nahezu vollständig an den Untersuchungen teilnahmen. Somit repräsentieren diese Probanden eine zufällige Auswahl an Kindern der Altersgruppe der 7 bis 9-Jährigen durch alle sozialen Bevölkerungsschichten der ostwestfälischen Population. Die Geschlechterverteilung ist hinreichend ausgeglichen.

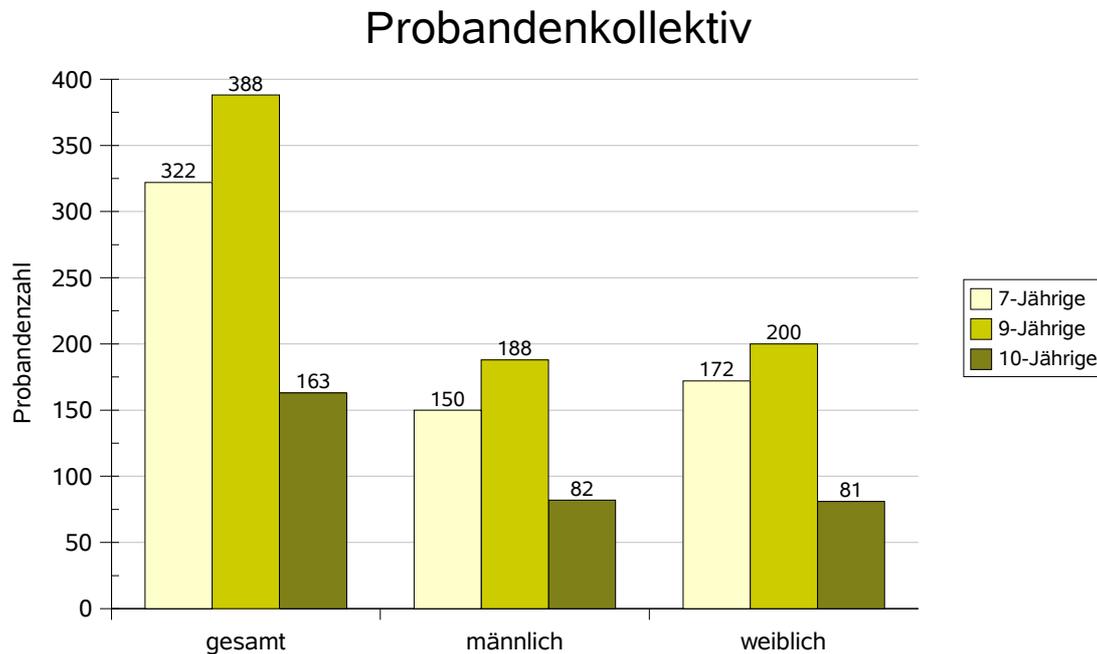


Abbildung 19: Gesamtes Probandenkollektiv

In den Folgejahren wurden die Untersuchungen in jährlichen Intervallen fortgesetzt, so dass ein umfassendes Archiv mit longitudinalen Untersuchungsdaten und -unterlagen aufgebaut wurde. D.h. jeder Schüler nahm im Idealfall in jeder Grundschulklasse einmal an der Untersuchung teil.

Um eine möglichst grosse Probandenzahl sowohl für die Querschnittsstudie an neun-jährigen Probanden, als auch für die Longitudinalstudie bezüglich der Veränderungen zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr zu erhalten, gingen alle 9-Jährigen ( $n=388$ , Abbildung 19) in die Studie ein, jedoch nur diejenigen 10-Jährigen ( $n=163$ ), die schon im Alter von 7 Jahren untersucht wurden.

Kieferorthopädische Behandlungen können die myofunktionellen Verhältnisse und Kräfte im orofazialen Bereich beeinflussen [13],[16],[17],[36],[36],[58],[59], daher muss zunächst das Kriterium betrachtet werden, ob zum Zeitpunkt der Untersuchung bereits eine kieferorthopädische Behandlung begonnen worden ist (Abbildungen 20, 21). Es wurde mittels statistischer Verfahren überprüft, ob zwischen diesen Gruppen signifikante Unterschiede zu sichern sind oder nicht.

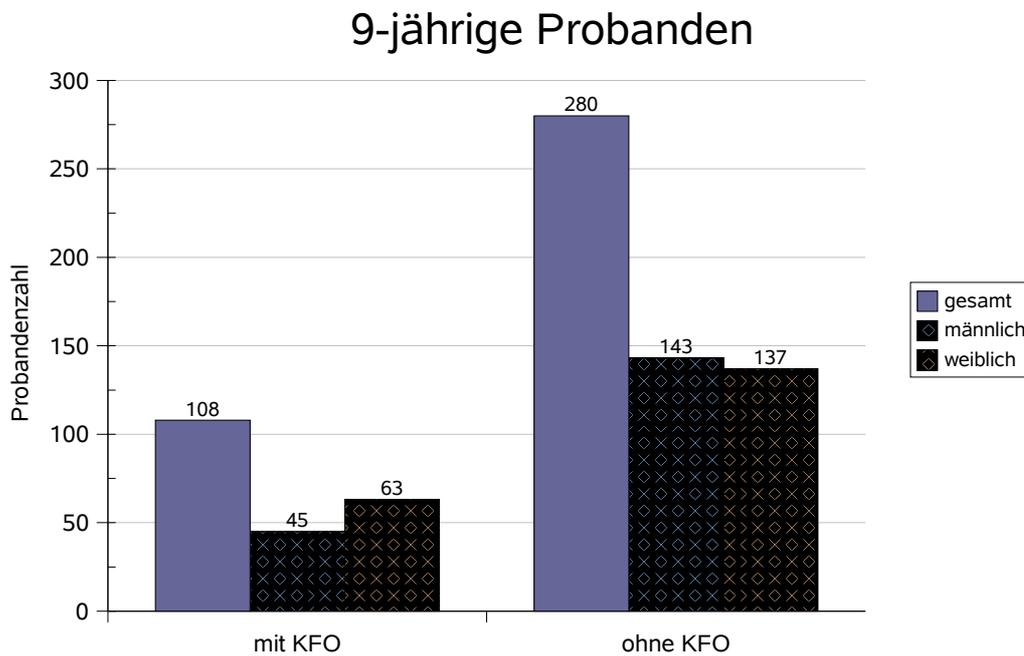


Abbildung 20: Gruppe der 9-jährigen Probanden

In der Gruppe der 9-Jährigen war bei 108 Probanden bereits eine kieferorthopädische Behandlung begonnen worden. Bei 280 Kindern waren im Alter von 9 Jahren keine kieferorthopädischen Massnahmen angegeben. Die Geschlechterverteilung ist hinreichend ausgeglichen.

Auch in den Gruppen der 7- und 10-jährigen Probanden wurden die Häufigkeiten kieferorthopädischer Vorbehandlungen erhoben und dokumentiert (Abbildung 21).

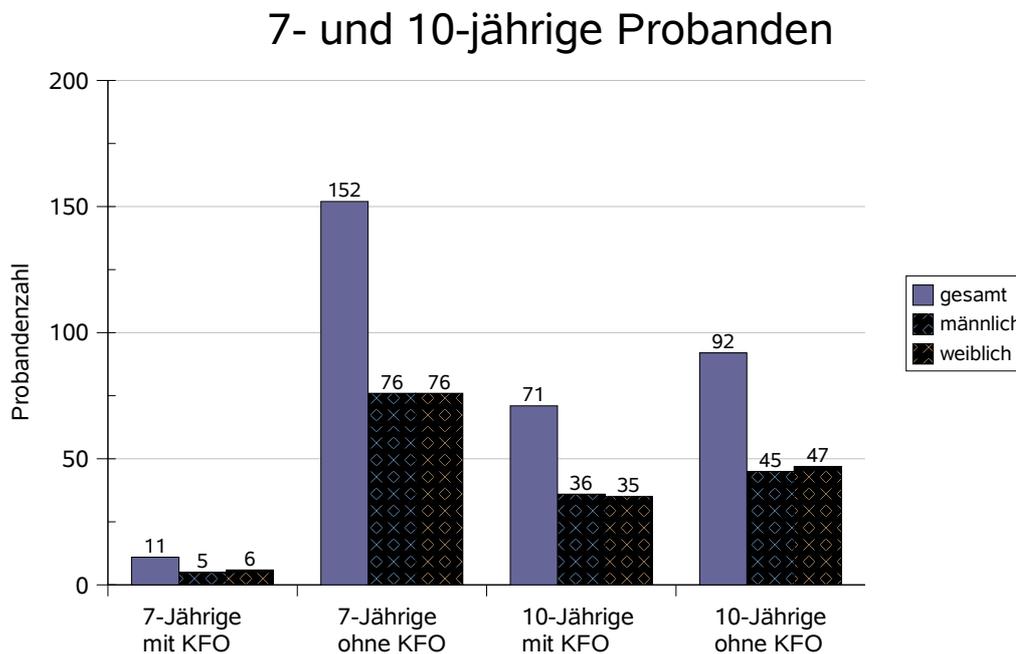


Abbildung 21: Gruppe der 7- und 10-jährigen Probanden

Im Alter von 7 Jahren ist erwartungsgemäß der Anteil an Probanden mit kieferorthopädischer Behandlung sehr gering (11 Probanden). Die 7-Jährigen, die noch nicht kieferorthopädisch behandelt waren, stellten mit 152 Probanden eine weitaus grössere Gruppe dar. Bei den 10-jährigen Kindern war die Verteilung zwischen den behandelten und nicht behandelten Probanden ausgeglichener: 71 der 10-Jährigen wurden schon kieferorthopädisch behandelt, 92 hingegen noch nicht. Die Verteilung zwischen den Geschlechtern war sehr ausgeglichen, jeweils die Hälfte der Probanden war männlichen, bzw. weiblichen Geschlechts.

## 2.2 Instrumentarium

Die Messung der maximalen perioralen Muskelkräfte erfolgte mit der von GARLINER [12] beschriebenen Federwaage. Es handelt sich hierbei um ein Messgerät, ähnlich einer Paketwaage mit einer Skala, die eine Anzeige in Kilogramm (kg) aufweist. Sie hält mittels eines Schleppteigers den Maximalausschlag fest, welches zur differenzierten Diagnose der Stärke oder der Schwäche der M. orbicularis oris eingesetzt werden kann. Der ermittelte Wert wird mit einem Stelling festgehalten, so dass die Ergebnisse dokumentiert werden können. Zu Beginn der Messungen wird das Gerät auf

0 p kalibriert mittels einer Einstellschraube am Kopf der Federwaage. Der exakte Messbereich reicht von 100 p bis 4500 p, wobei die Skala für parallel zur Feder auftretende Kräfte geeicht ist [34]. Eine Skaleneinheit beträgt 100 Pond (p).



Abbildung 22: Federwaage zur Lippenkraftmessung

Die Messung erfolgt, laut HORN [17] und THIELE [55] mit Hilfe einer planparallelen Kunststoffscheibe, d.h. einem Knopf von 25 mm Durchmesser und einer Randdicke von 2,4 mm, der als Mundstück verwendet wird. Dieses Mundstück ist über eine 40 cm lange Schnur, die durch zwei zentrolaterale Bohrungen befestigt ist, mit der Federwaage verbunden.



Abbildung 23: Messung der maximalen, perioralen Muskelkraft mit der Federwaage

Eine Messung der perioralen Muskelkraft wird wie folgt beschrieben: Der Patient

platziert den Knopf anterior der Zähne, nur von den Lippen gehalten, in den Mund. Die Scheibe soll also zwischen den Frontzähnen und den Lippen liegen. Die Versuchsperson wird aufgefordert, den Knopf so lange wie möglich mit den Lippen gegen den schnell kontinuierlich steigenden Zug der Federwaage zu halten. Der Behandler zieht an der Schnur, wobei der Knopf ab einer bestimmten Zugkraft aus dem Mund springt und der Schleppzeiger bei der erreichten Kraft stehenbleibt. Die Messungen werden jeweils dreimal durchgeführt und der arithmetische Mittelwert dokumentiert.

Die Messergebnisse werden reproduzierbarer, wenn alle Messungen von einem einzigen Behandler durchgeführt werden. Da die Studie über mehrere Jahre durchgeführt wurde, waren mehrere Behandler beteiligt, die jedoch ständig in Teambesprechungen kalibriert wurden.

### **2.3 Modellherstellung**

Bei der Abdrucknahme wurden konfektionierte perforierte Metallabformlöffel verwendet. Diese wurden mit Alginat beschickt und in den Mund des Patienten eingebracht. Wichtig hierbei war, dass die gesamten Zahnreihen, die linguale, palatinalen und vestibulären Bereiche, sowie andere anatomisch wichtige Bereiche, wie z.B. inserierende Bänder, die Papilla inzisiva und Raphe palatina, gut abgeformt wurden. Zusätzlich musste von jedem Schüler ein Wachsbiss in maximaler Interkuspitation, durch Zubiss auf zweilagiges Plattenwachs, genommen werden, um die Gipsmodelle später in der habituellen Okklusion zuordnen zu können. Die Abformungen wurden mit speziellem, weissen KFO-Hartgips ausgegossen. Es wurden nach einheitlichen Richtlinien dreidimensionale Untersuchungsmodelle hergestellt. D.h. die Modelle wurden an ihrer Oberfläche parallel zur Kauebene, die Rückflächen senkrecht zur Raphe-Median-Ebene getrimmt. Jedes Modell wurde an der Rückseite mit dem Patientennamen, dem Geburtsdatum, dem Datum der Abdrucknahme und der Patientennummer gekennzeichnet und in Modellkästen archiviert.

### **2.4 Modellanalyseverfahren**

Um Mittelwertunterschiede zwischen der Grösse der Lippenkraft bei differenten dentalen Dysgnathien, wie den Angle Klassen oder dem Ausmass der vertikalen Frontzahn-

stufe, untersuchen zu können, muss eine systematische reproduzierbare Modellvermessung stattfinden. Die in dieser Studie relevanten Parameter der kieferorthopädischen Modellanalyse sind die differenten "Angle Klassen", sowie das Ausmass der vertikalen Frontzahnstufen.

## 2.5 Statistische Vorgehensweise

Zunächst erfolgte eine Einteilung der untersuchten Schulkinder in verschiedene Altersklassen. In der vorliegenden Studie wurden Probanden im Alter von 7, 9 und 10 Jahren untersucht. Exkludiert wurden die Daten nicht auswertbarer Analysebögen, doppelt untersuchte Probanden gingen nur einmal in den Datenpool ein, indem diese doppeltem Werte nach dem Zufallsprinzip ausgefiltert wurden. Nach diesen Selektionskriterien setzen sich die Gruppen für die Querschnittsuntersuchung (9-Jährige) und die longitudinale Analyse (7- und 10 -Jährige) zusammen. Zusätzlich wurden die Probanden aller Gruppen nach dem Kriterium des kieferorthopädischen Behandlungsstatus unterteilt in jene, die noch keine Behandlung begonnen hatten, und denen, die schon in einer kieferorthopädischen Behandlung waren.

p-Wert	Bedeutung	Symbol
$p > 0,05$	nicht signifikant	ns
$p \leq 0,05$	signifikant	*
$p \leq 0,01$	sehr signifikant	**
$p \leq 0,001$	höchst signifikant	***

Tabelle 1: Statistische Signifikanzniveaus

### 2.5.1 Probandeselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen

Um Mittelwertvergleiche von Stichproben durchführen zu können, müssen diese zunächst auf Normalverteilung untersucht werden. Man spricht von normalverteilten Messwerten, wenn sich die meisten Werte um einen Mittelwert gruppieren, während die Häufigkeiten zu beiden Seiten gleichmässig abfallen. Die Überprüfung dieses Zustandes erfolgt durch den "KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test" (K-S Test), der von einer statistisch signifikanten Abweichung von der Normalverteilung bei einer Irrtumswahrscheinlich-

keit von  $p \leq 0,05$  ausgeht. Diese Prüfung der Stichproben auf Normalverteilung ist Voraussetzung für die Anwendung statistischer Mittelwerttests und dient der Auswahl des späteren Prüfverfahrens. Bei einer bewiesenen Normalverteilung werden die weiteren Untersuchungen für den Mittelwertvergleich der Stichproben mit dem T-TEST NACH STUDENT vorgenommen. Falls die Messwerte jedoch nicht der Normalverteilung unterliegen, werden die weiteren Untersuchungen mit dem U-Test nach MANN UND WHITNEY durchgeführt [63]. Im folgenden wird die statistische Vorgehensweise für die Probandenselektion im allgemeinen sowie innerhalb der beiden Hauptgruppen (Querschnittsuntersuchung/Longitudinaluntersuchung) in Form von 'Roadmaps' schematisch dargestellt. Bezüglich des Kriteriums der "kieferorthopädischen Behandlung" wurden die Stichproben mittels T- bzw. U-Tests untersucht, ob signifikante Unterschiede bestehen und somit eine Differenzierung der Probandengruppen nach diesem Kriterium notwendig ist oder aber die Gesamtgruppen betrachtet werden können.

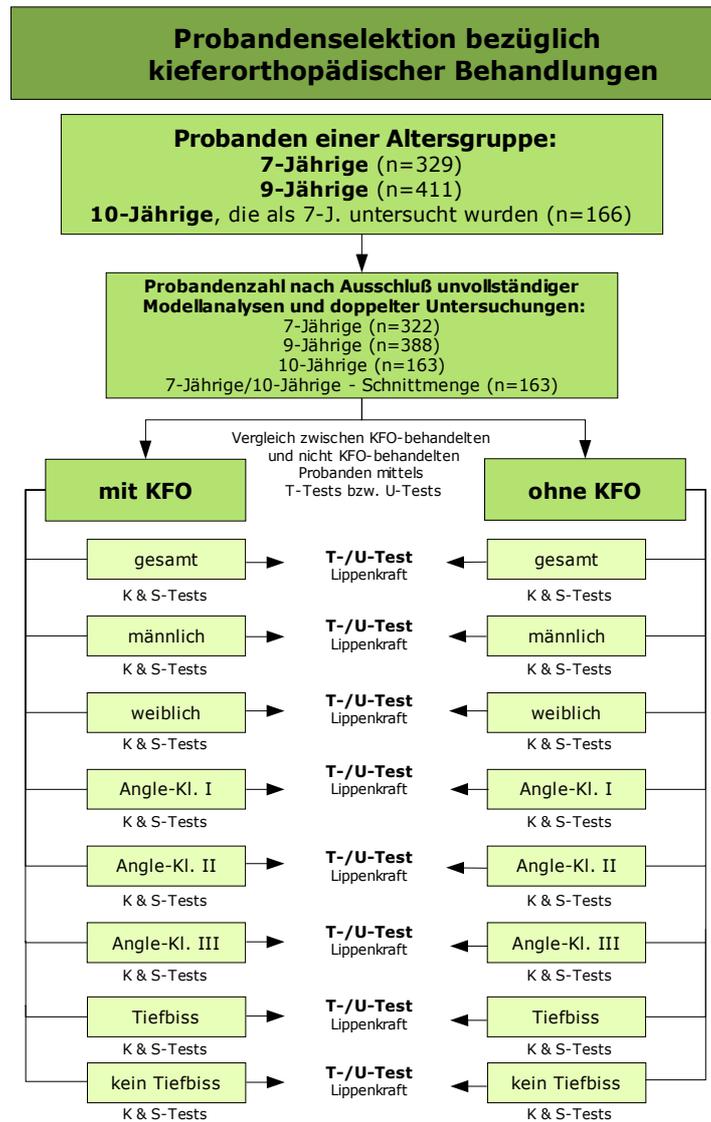


Abbildung 24: Probandenselektion bezüglich KFO-Behandlung

Ausgegangen wird von einem Probandenkollektiv von 411 in Abbildung 20 dargestellten 9-Jährigen, sowie 163 in Abbildung 21 gezeigten Sieben- und Zehnjährigen. Nach Ausschluss unvollständiger Modellanalysen und doppelter Untersuchungen, verringerte sich die Anzahl der Probanden, bei den 7-Jährigen um 6 auf 322 Probanden, bei den 9-Jährigen um 23 Probanden auf 388 und bei den 10-Jährigen um 3 Probanden auf 163 Probanden.

Man unterteilte die Probanden nach dem Kriterium, ob sie sich in einer kieferorthopädischen Behandlung befanden oder nicht und überprüfte mittels dem KOLMOGOROW-SMIRNOV-Test zunächst die Verteilungsform. Der Vergleich fand zwischen den Gesamtgruppen sowie den Untergruppen nach Geschlecht, Angle Klassen und Ausmass des vertikalen Überbisses (Tiefbiss/kein Tiefbiss) statt. Im Folgenden wurden der T-Test nach STUDENT oder der U-Test nach MANN UND WHITNEY verwendet, um zu prüfen, ob Probanden mit erfolgter kieferorthopädischer Behandlung signifikant unterschiedliche Lippenkraftwerte aufweisen als Nichtbehandelte und ggf. exkludiert werden müssen.

### **2.5.2 Querschnittsuntersuchung bei 9-jährigen Probanden**

Für die Querschnittsuntersuchungen der 9-jährigen Probanden musste die zunächst 411 Probanden starke Gruppe nach Ausschluss unvollständiger Modellanalysen und doppelter Untersuchungen auf 388 Probanden reduziert werden (Abbildung 25).

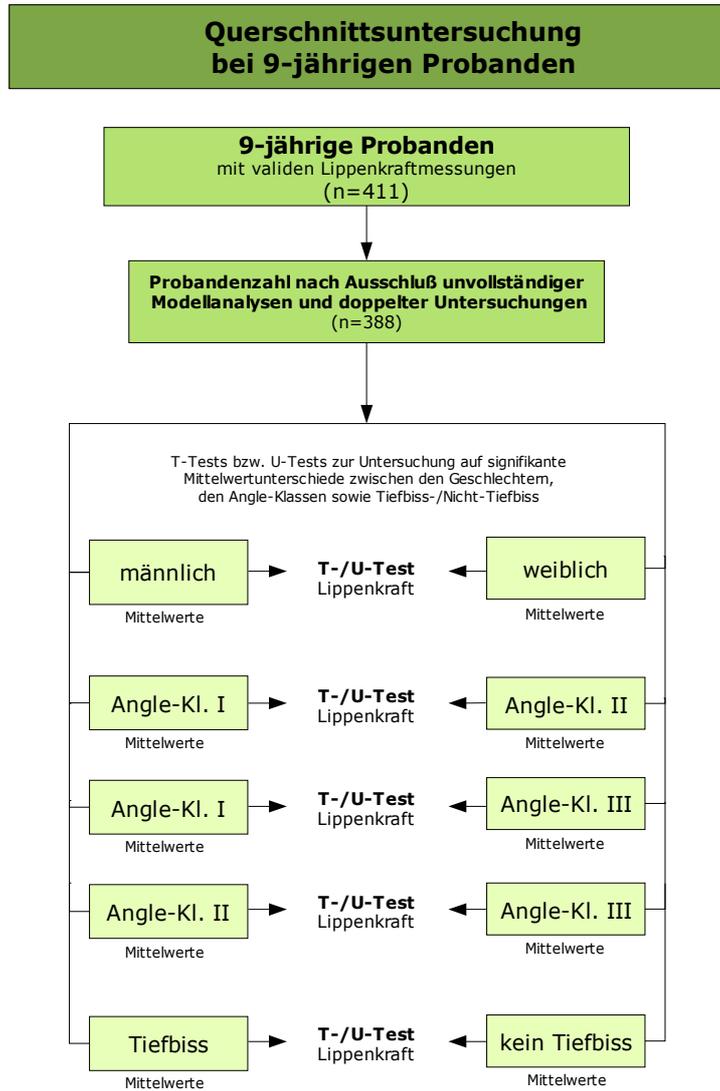


Abbildung 25: Querschnittsuntersuchung bei 9-Jährigen

Abbildung 25 zeigt einen Überblick über die Untersuchungen auf signifikante Mittelwertunterschiede der Lippenkraftwerte zwischen den einzelnen Probandengruppen 'Geschlechter', 'Angle Klassen' und 'Tiefbiss/kein Tiefbiss'.

### 2.5.3 Longitudinaluntersuchung bei 7- und 10-jährigen Probanden

Im folgenden Organigramm wird die Longitudinaluntersuchung der 7- und 10-jährigen Probanden schematisch dargestellt.

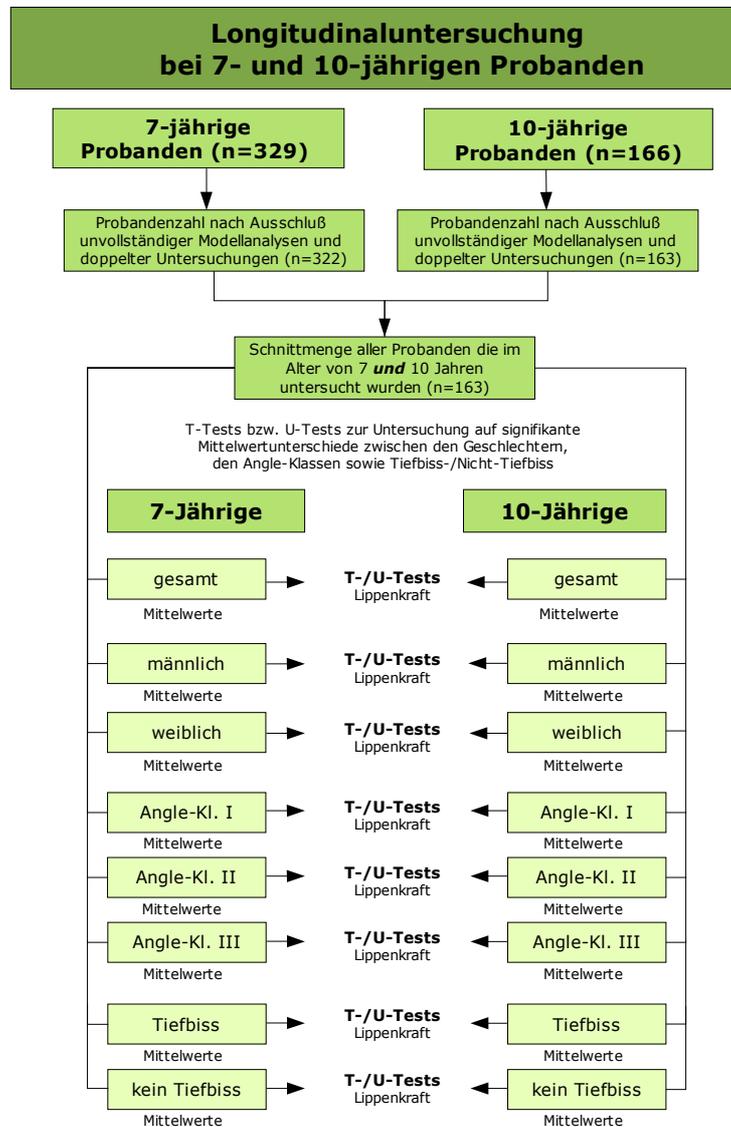


Abbildung 26: Longitudinaluntersuchung bei 7- und 10-Jährigen

Für den Longitudinalvergleich wurden 329 siebenjährige Probanden untersucht, von denen 166 mit 10 Jahren nachuntersucht werden konnten. Nach Ausschluss unvollständiger Modellanalysen und doppelter Probanden verringerte sich die Anzahl auf eine Schnittmenge von  $n = 163$ . Die Untersuchungen auf signifikante Mittelwertunterschiede werden mittels T-Tests bzw. U-Tests zwischen den Geschlechtern, den Angle Klassen sowie den Gruppen 'Tiefbiss/kein Tiefbiss' durchgeführt.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Detaillierte Darstellung des Probandenkollektivs

Im Folgenden werden die Probandengruppen aufgeschlüsselt nach Geschlecht, Angle Klassen und Overbite dargestellt und die Anteile der bereits in kieferorthopädischer Behandlung befindlichen Probanden selektiv hervorgehoben.

##### 3.1.1 Probandenkollektiv für die Querschnittsuntersuchung

Im Rahmen der Einteilung der 9-jährigen Probanden nach Angle Klassen wurde deutlich, dass neben den klassischen drei Gruppen eine weitere Gruppe dargestellt werden musste, nämlich die Probanden mit rechts- und linksseitig unterschiedlichen Angle Klasse-Befunden (Abbildung 27).

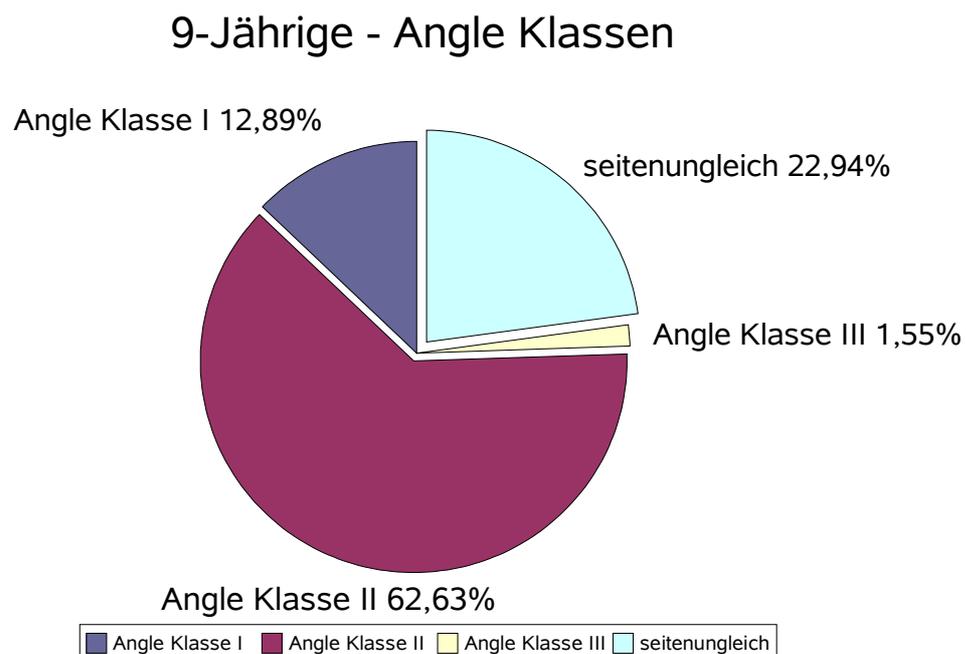


Abbildung 27: 9-Jährige - Angle Klassen-Verteilung

Von 388 neunjährigen Schulkindern sind bei 299 Probanden (77,1 %) rechts/links seitenungleiche Angle-Klassifizierungen festzustellen, bei 89 Probanden (22,9 %) wurden seitenungleiche Befunde festgestellt. Mit Abstand am häufigsten ist die Angle Klasse II (62,6 %), gefolgt von der Angle Klasse I (12,9 %). Auffällig gering besetzt ist die Gruppe der Angle Klasse III mit nur 6 Probanden (1,6 %). Um die Angle Klasse-Gruppen

sauber abzugrenzen, wurden für die weiteren Betrachtungen der Daten nur Probanden mit seitengleichen Angle-Klassifizierungen einbezogen.

Abbildung 28 zeigt die Verteilung der Angle Klassen-Befunde der 299 Probanden mit seitengleichen Befunden für die Gesamtgruppe sowie differenziert nach Geschlecht.

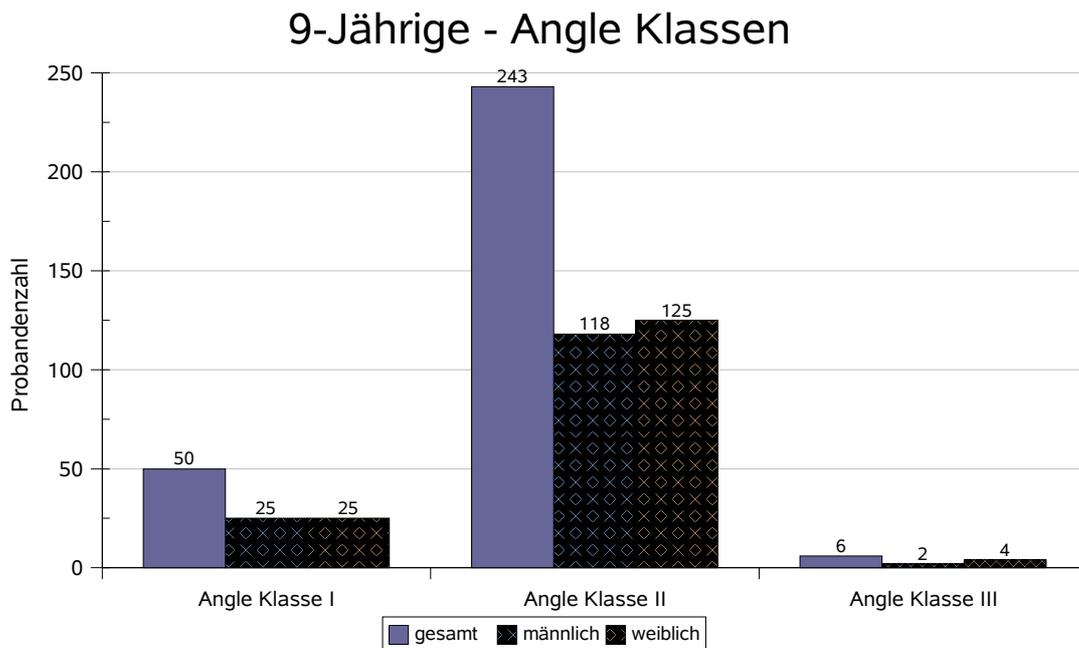


Abbildung 28: 9-Jährige - Angle Klassen (seitengleich) mit Geschlechterverteilung

Innerhalb der Angle Klasse-Gruppen zeigt sich eine gleichmässige Verteilung zwischen den Geschlechtern. Die Gruppe der Probanden mit Angle Klasse II ist mit 243 Vertretern am grössten, gefolgt von der Gruppe mit Angle Klasse I mit 50 Probanden. Die Gruppe der 6 Probanden mit Angle Klasse III ist die am schwächsten vertreten.

In Abbildung 29 werden die 9-jährigen männlichen und weiblichen Probanden unterschiedlicher Angle Klassen "mit" und "ohne" eine begonnene oder abgeschlossene kieferorthopädische Behandlung differenziert betrachtet.

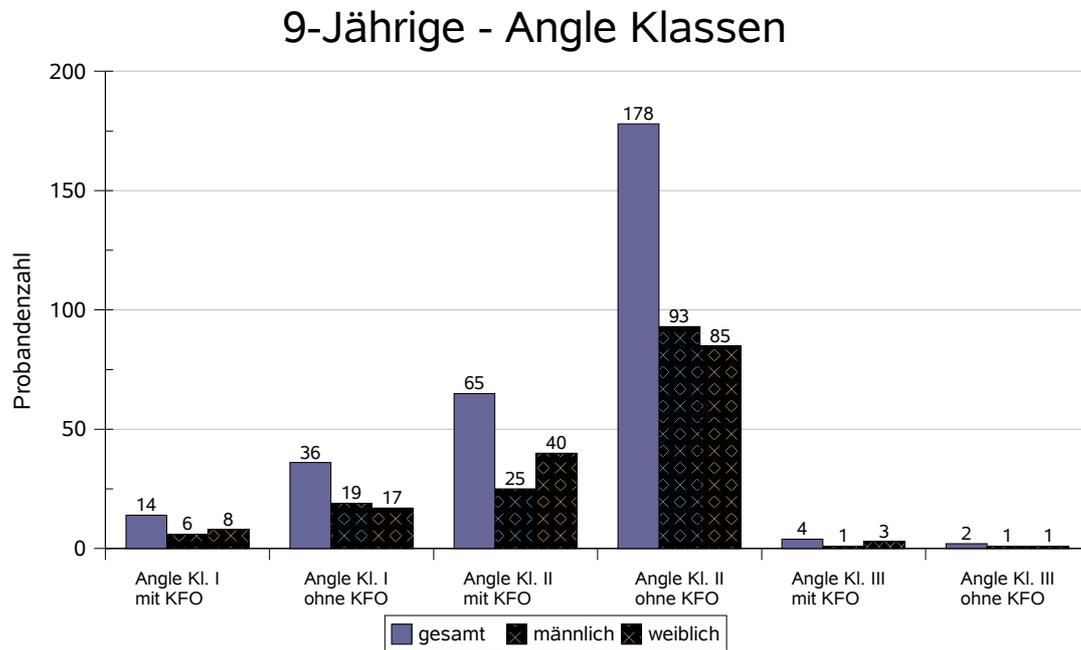


Abbildung 29: 9-Jährige - Angle Klassen mit und ohne KFO-Behandlung

Bei 28 % der 9-jährigen Angle Klasse I-Probanden wurde eine begonnene oder abgeschlossene kieferorthopädische Therapie dokumentiert, während dieses bei 27 % der Klasse II-Probanden der Fall war. In der Klasse III-Gruppe waren 4 der 6 Probanden bereits in KFO-Behandlung. Die Verteilung der Geschlechter ist für die nachfolgenden Untersuchungen hinreichend gleich.

In Abbildung 30 werden die 9-jährigen männlichen und weiblichen Probanden bezüglich des Kriteriums "Tiefbiss" differenziert dargestellt.

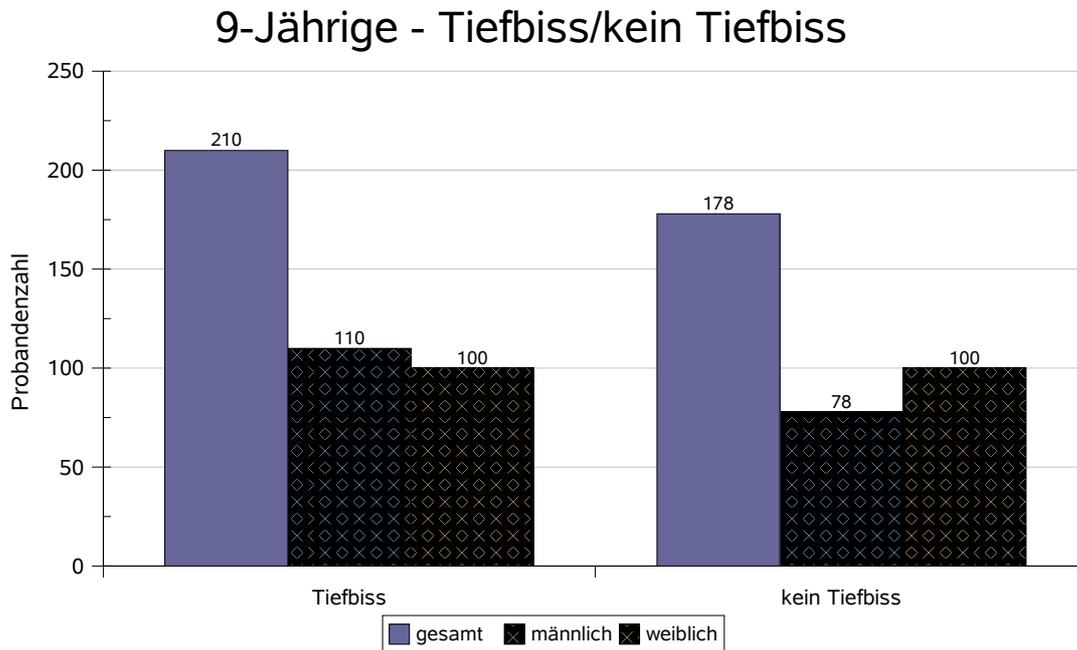


Abbildung 30: 9-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss mit Geschlechterverteilung

Bei 210 (55 %) der 388 neunjährigen Probanden wurde eine vertikale Frontzahnstufe (= Overbite) von 3,5 mm oder grösser gemessen. Diese Gruppe wird als dentale "Tiefbiss-Gruppe" bezeichnet. 178 Probanden (46 %) zeigten einen Overbite von weniger als 3,5 mm und wurden in die Gruppe "Kein Tiefbiss" eingestuft. Aufgrund der geringen Zahl von Probanden mit frontoffenen Bissen (nur 15 Probanden mit -1 mm bis -3 mm vertikaler Frontzahnstufe), wurde diesbezüglich keine weitere Differenzierung durchgeführt. In der Tiefbiss-Gruppe befinden sich mit 110 Schülern (28 %) etwas mehr männliche als weibliche Probanden, während in der "Kein-Tiefbiss"-Gruppe mit 100 Schülerinnen (26 %) eine etwas grössere Anzahl weiblicher Probanden zu finden war.

In Abbildung 31 werden die männlichen und weiblichen 9-jährigen Probanden "mit" und "ohne" kieferorthopädische Behandlung bezüglich des Kriteriums "Tiefbiss" und "Kein Tiefbiss" betrachtet.

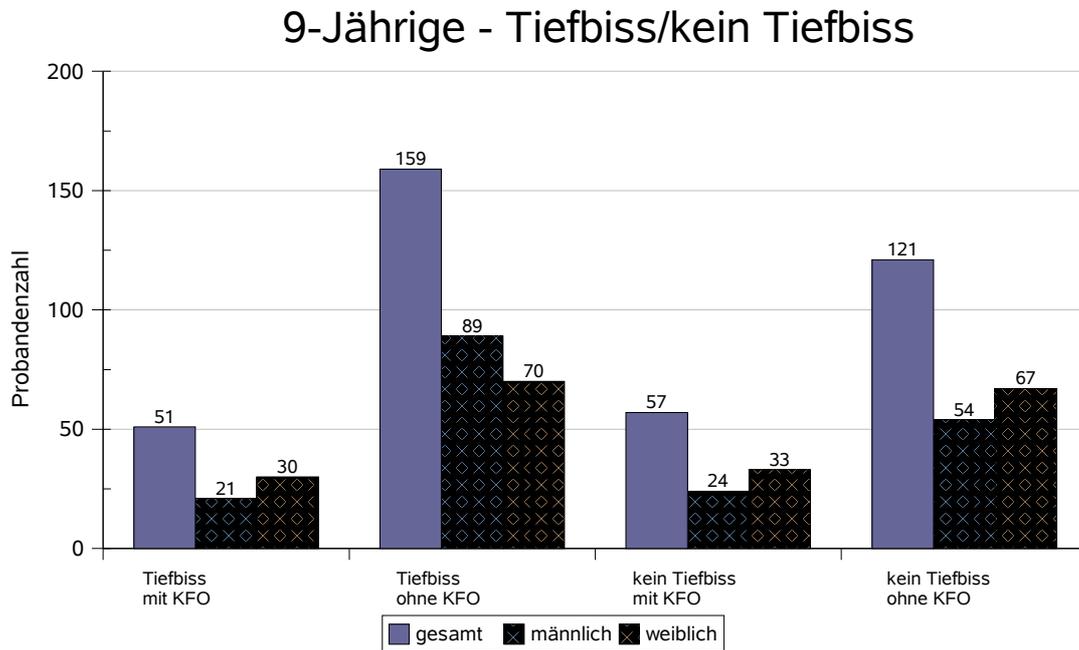


Abbildung 31: 9-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss mit und ohne KFO-Behandlung

Von den 210 Tiefbissfällen waren 51 (24 %) bereits in kieferorthopädischer Behandlung, während von den 178 Probanden der "Kein Tiefbiss"-Gruppe bereits 32 % eine KFO-Behandlung begonnen hatten. Die Geschlechterverteilung ist nicht ausgeglichen, für die nachfolgenden statistischen Betrachtungen aber ausreichend.

### 3.1.2 Probandenkollektiv für die longitudinale Untersuchung

Für die angestrebten Mittelwertvergleiche der Lippenkraftmessungen zwischen 7- und 10-jährigen Probanden, wurde zunächst die Angle Klassen-Verteilung untersucht (Abbildung 32).

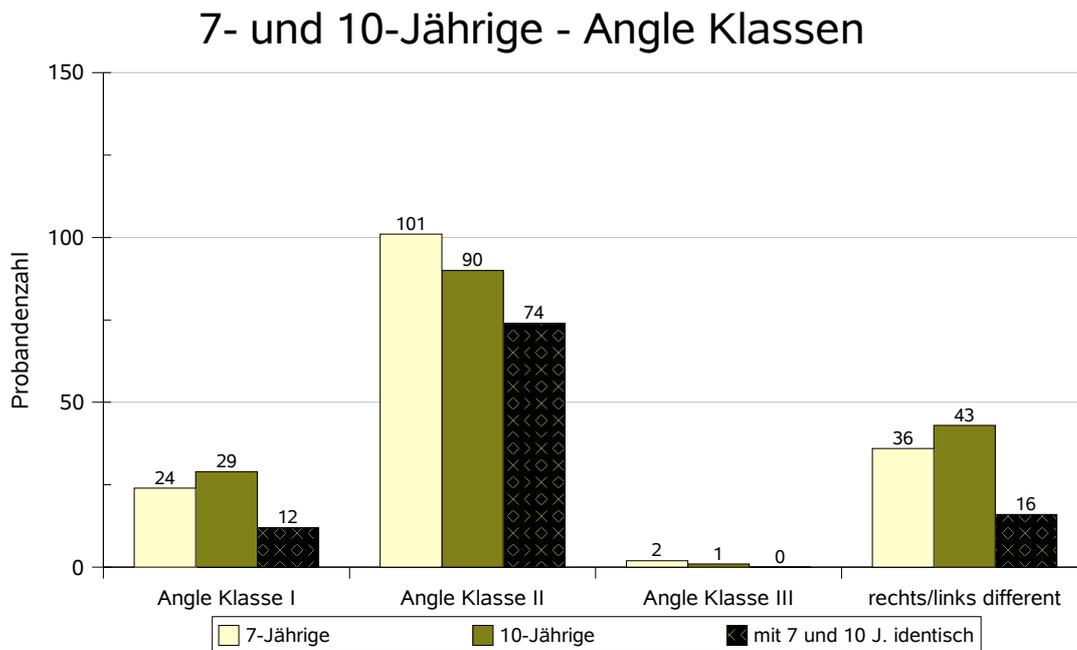


Abbildung 32: 7- und 10-Jährige - Angle Klassen

Von den 163 siebenjährigen Probanden, die drei Jahre später im Alter von 10 Jahren nachuntersucht werden konnten, haben 36 siebenjährige und 43 zehnjährige Probanden rechts und links seitenungleiche Angle Klassifizierungen, so dass 127 Siebenjährige und 162 Zehnjährige mit seitengleichen Angle Klassen zur Verfügung stehen. Bei 12 Siebenjährigen blieb die Angle Klasse I bis zum 10. Lebensjahr unverändert bestehen. 74 Probanden hatten mit 7 Jahren und mit 10 Jahren eine beidseitige Angle Klasse II. In die weiteren statistischen Auswertungen können nur diejenigen 86 Probanden eingehen, welche mit 7 und 10 Jahren einen unveränderten Angle Klasse-Befund aufwiesen. Dabei wurden nur 'seitengleiche' Angle Klasse-Befunde berücksichtigt. Probanden der Angle Klasse III können aufgrund der geringen Schülerzahl nicht weiter berücksichtigt werden.

In der Gruppe der 7- und 10-Jährigen mit identischen Angle Klassen wird ebenfalls zwischen den kieferorthopädisch bereits behandelten und den noch nicht kieferorthopädisch behandelten Kindern unterschieden.

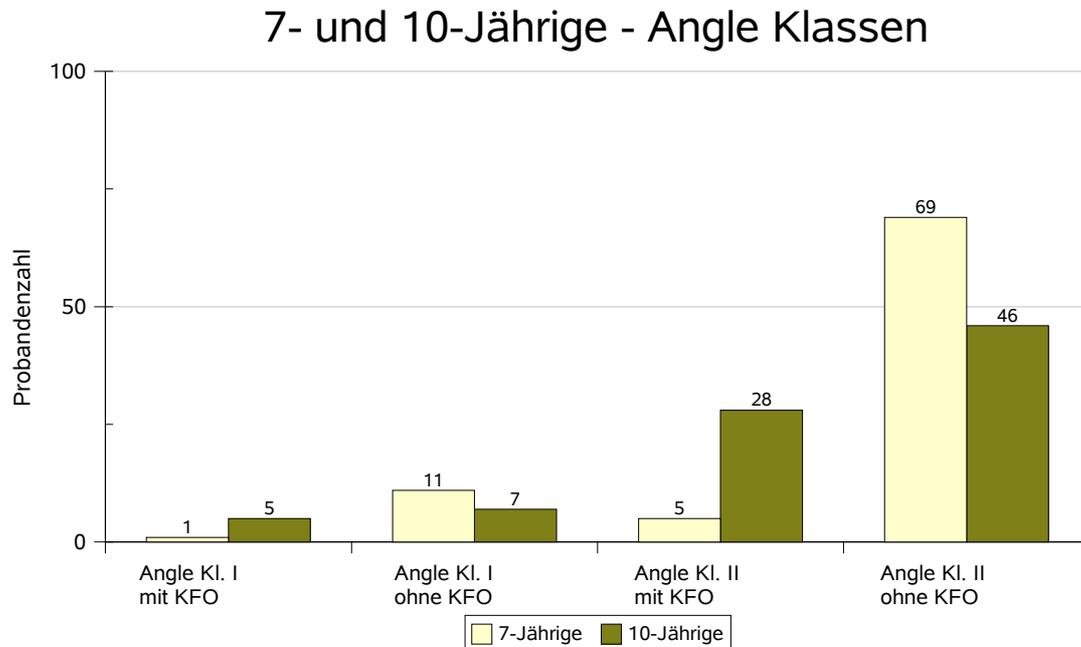


Abbildung 33: Identische Angle Klassen mit 7 und 10 Jahren (mit/ohne KFO)

Von den 86 Probanden war lediglich ein Siebenjähriger mit Angle Klasse I- Befund bereits in kieferorthopädischer Behandlung, während 5 Klasse II-Probanden bereits mit 7 Jahren eine kieferorthopädische Behandlung begonnen hatten. In der Gruppe der 10-Jährigen waren 5 der 12 Klasse I-Probanden bereits in KFO-Behandlung, während bei 28 der 74 Klasse II-Probanden bereits eine Therapie begonnen wurde.

In dem folgenden Diagramm (Abbildung 34) werden die 7- und 10-jährigen Probanden bezüglich des Kriteriums "Tiefbiss" dargestellt.

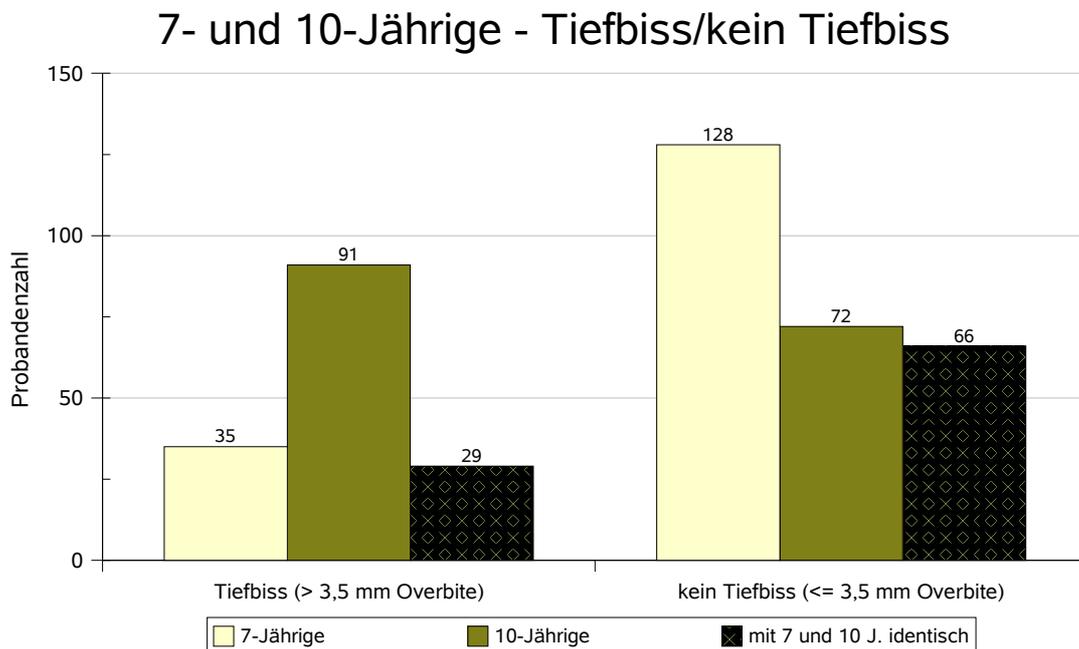


Abbildung 34: 7- und 10-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss

Bei 35 (21,5 %) der Siebenjährigen wurde ein dentaler frontaler Tiefbiss festgestellt. Im Alter von 10 Jahren wiesen 91 (55,8 %) Probanden einen tiefen Biss auf. Bei 29 der Probanden wurde sowohl mit 7 Jahren als auch mit 10 Jahren ein dental tiefer Biss gemessen. Im Folgenden werden nur die 95 Probanden betrachtet, welche mit 7 und mit 10 Jahren gleichermassen einen frontalen Tiefbiss bzw. keinen frontalen Tiefbiss aufwiesen. Probanden, bei denen sich dieser Befund zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr geändert hat (Tiefbiss zu Nicht-Tiefbiss oder umgekehrt), gehen nicht in die Untersuchung ein.

Auch in den Gruppen der 7- und 10-jährigen Probanden mit und ohne Tiefbiss wird in Abbildung 35 zwischen den Untergruppen "mit" und "ohne" begonnene kieferorthopädische Behandlung unterschieden.

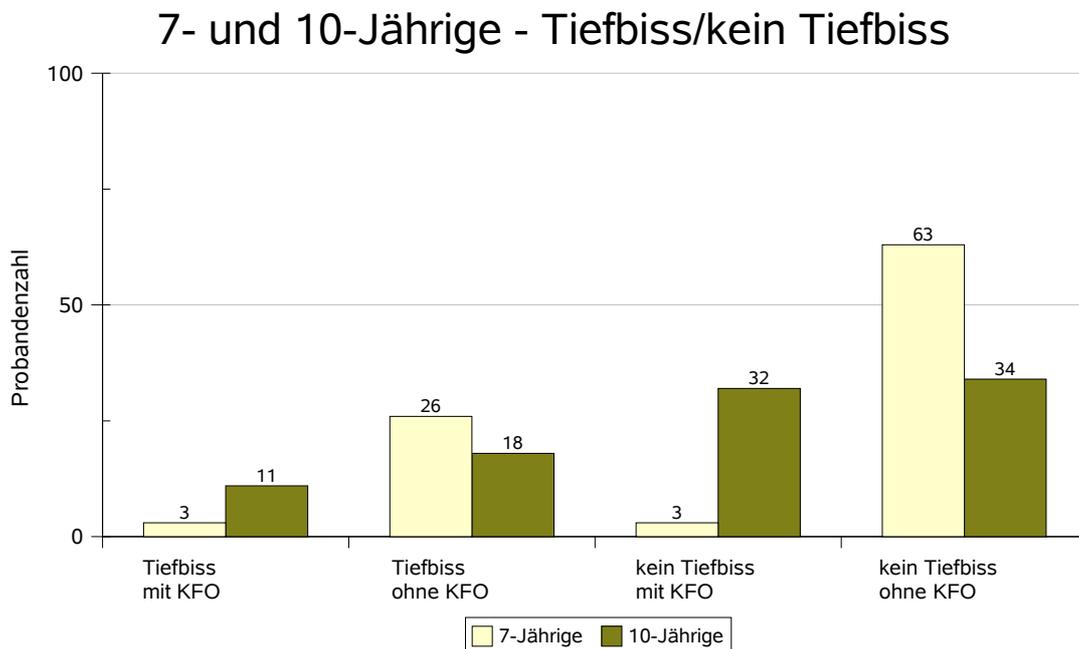


Abbildung 35: 7- und 10-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss (mit/ohne KFO)

In der Tiefbissgruppe befanden sich drei 7-jährige und elf 10-jährigen Probanden in KFO-Behandlung. Der grössere Anteil der Probanden mit tiefem Biss hatte noch keine KFO-Behandlung begonnen. In der Gruppe ohne Tiefbiss stehen bei den 7-Jährigen 3 Probanden mit KFO-Behandlung 63 Probanden ohne KFO-Behandlung gegenüber, während 32 Zehnjährige bereits eine KFO-Behandlung begonnen hatten und 34 Probanden nicht.

### **3.2 Querschnittsuntersuchungen bei 9-jährigen Probanden**

Der erste Teil der statistischen Auswertungen dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Berechnung von Mittelwerten von Lippenkraftmessungen bei den 9-jährigen Probanden. Diese Mittelwerte werden innerhalb der Gesamtgruppen, der Gruppierungen nach Geschlecht, sowie nach den Modellparametern 'Angle Klassen' und 'Tiefbiss' dargestellt und mittels analytisch-statistischer Tests auf signifikante Unterschiede geprüft.

#### ***3.2.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlung***

Für die weiteren Analysen stellt sich die Frage, ob eine begonnene kieferorthopädische Behandlung die Untersuchungsergebnisse bezüglich der Lippenkraft beeinflussen würde, d.h. ob eine Unterscheidung zwischen KFO- und Nicht-KFO-Fällen notwendig ist. Daher werden Mittelwerttests durchgeführt, welche die Stichproben auf signifikante Unterschiede zwischen den Probanden 'mit' und 'ohne' KFO-Behandlung untersuchen.

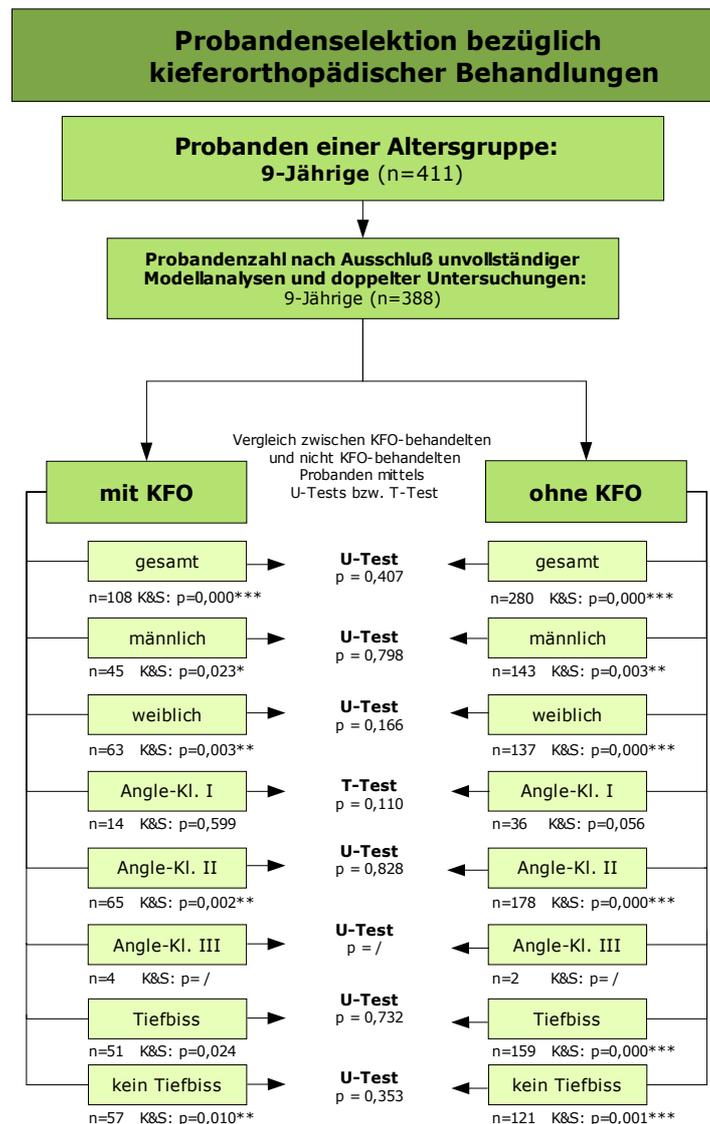


Abbildung 36: 9-Jährige - Probandenselektion (mit/ohne KFO)

Alle Untergruppen wurden zunächst mittels KOLMOGOROV-SMIRNOV-Tests auf Normalverteilung getestet. Bei allen Gruppen wurde eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung ( $p \leq 0,05$ ) festgestellt, ausser bei den Gruppen der Angle Klasse I. Um zu beweisen, dass eine begonnene kieferorthopädische Behandlung bezüglich der untersuchten Stichproben keine Auswirkungen auf die Grösse der Lippenkraft hat, werden die Untergruppen durch Mittelwerttests (U-Test nach MANN UND WHITNEY) auf signifikante Unterschiede getestet. Nur bei dem Mittelwertvergleich der Angle Klasse I-Gruppen kam aufgrund der Normalverteilung der T-Test nach STUDENT zum Einsatz.

Tabelle 2 zeigt die Mittelwerttests für die Lippenkraft zwischen den 9-jährigen Probandengruppen mit und ohne kieferorthopädische Behandlung.

<b>Lippenkraft bei 9-Jährigen mit und ohne KFO</b>						
<b>Probandengruppen</b>	<b>mit/ohne KFO</b>	<b>n<sub>1</sub></b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>Median</b>	<b>p-Wert</b>	<b>n<sub>2</sub></b>
Gesamtgruppe	mit KFO	108	1,0/9,8	0,9/8,8	U-Test: 0,407	388
	ohne KFO	280	1,0/9,8	1,0/9,8		
männliche Probanden	mit KFO	45	1,1/10,8	1,0/9,8	U-Test: 0,798	188
	ohne KFO	143	1,0/9,8	1,0/9,8		
weibliche Probanden	mit KFO	63	1,0/9,8	0,9/8,8	U-Test: 0,166	200
	ohne KFO	137	1,1/10,8	1,0/9,8		

Tabelle 2: Basisgruppen bei 9- Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Laut Tabelle 2 liegen die Irrtumswahrscheinlichkeiten (p-Werte) deutlich über dem medizinisch relevanten Niveau von 0,05. Daher sind keine signifikanten Unterschiede im Bezug auf die Lippenkraft zwischen kieferorthopädisch vorbehandelten und nicht vorbehandelten Probanden festzustellen, so dass diese Gruppen jeweils als ein Gesamtkollektiv betrachtet werden. Dieses Kollektiv besteht insgesamt aus 388 neunjährige Probanden, von denen 188 männlichen und 200 weiblichen Geschlechts sind.

Bezüglich der Angle Klassen sind ebenfalls Mittelwerttests notwendig, um die Gruppe 'mit KFO' in die weiteren Auswertungen einzubeziehen (Tabelle 3). Dabei kamen je nach Verteilung der Stichproben T- oder U-Tests zur Anwendung.

<b>Lippenkraft bei 9-Jährigen mit und ohne KFO</b>						
<b>Gruppierung nach Angle Klassen</b>	<b>mit/ohne KFO</b>	<b>n<sub>1</sub></b>	<b><math>\bar{x}</math></b>	<b>Median</b>	<b>p-Wert</b>	<b>n<sub>2</sub></b>
Angle Klasse I	mit KFO	14	0,9/8,8	0,9/8,8	T-Test: 0,110	50
	ohne KFO	36	1,2/11,8	1,0/9,8		
Angle Klasse II	mit KFO	65	1,0/9,8	0,9/8,8	U-Test: 0,828	243
	ohne KFO	178	1,0/9,8	0,9/8,8		
Angle Klasse III	mit KFO	4	1,3/12,8	0,8/7,8	-	-
	ohne KFO	2	1,0/9,8	1,0/9,8		

Tabelle 3: U-Tests nach Angle Klassen bei 9-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Die Probanden der Angle Klasse I zeigen zwischen den Untergruppen 'mit' und 'ohne' KFO mit  $p = 0,110$  keinen signifikanten Unterschied und können aufgrund dessen zu einer einzigen Gruppe von 50 Personen zusammengefasst werden.

Ebenso können die Probanden der Klasse II zu der Gesamtgruppe von 243 Probanden zusammengefasst werden, da durch den U-Test mit  $p = 0,828$  kein signifikanter Unterschied ermittelt wurde. Bei der Gruppe der Probanden mit einer Angle Klasse III konnte aufgrund der kleinen Probandenzahl ( $n = 6$ ) keine Berechnung erfolgen, diese Gruppe wird daher vernachlässigt.

Weiterhin wird die Gruppe der 9-Jährigen im Bezug auf die Lippenkraft bei Probanden mit und ohne kieferorthopädische Behandlung für die Untergruppen mit unterschiedlich ausgeprägtem Überbiss betrachtet.

Lippenkraft bei 9-Jährigen mit und ohne KFO						
Gruppierung nach Tiefbiss/ kein Tiefbiss	mit/ohne KFO	$n_1$	$\bar{x}$	Median	p-Wert	$n_2$
Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)	mit KFO	51	1,0/9,8	1,0/9,8	U-Test: 0,732	210
	ohne KFO	159	1,0/9,8	1,0/9,8		
kein Tiefbiss ( $< 3,5$ mm)	mit KFO	57	1,1/10,8	0,9/8,8	U-Test: 0,353	178
	ohne KFO	121	1,1/10,8	1,0/9,8		

Tabelle 4: U-Tests nach Tiefbiss bei 9-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Laut Abbildung 36, Seite 60 sind die Stichproben nicht normalverteilt, daher kommen U-Tests zur Anwendung. Die Mittelwert-Vergleiche ergaben keine signifikanten Unterschiede der Stichproben mit und ohne kieferorthopädischer Behandlung. Der Parameter 'KFO-Behandlung' ist folglich auch bezüglich des Kriteriums mit und ohne Tiefbiss zu vernachlässigen. Zusammengefasst werden können die 210 Probanden mit Tiefbiss ebenso wie die insgesamt 178 neunjährigen Probanden ohne Tiefbissituation. Die Gruppen sind als Ganzes zu betrachten.

### 3.2.2 Mittelwertvergleiche - Lippenkraftmessungen bei 9-Jährigen

Im Folgenden werden die 388 neunjährigen Probanden bezüglich ihrer Mittelwerte dargestellt, sowie auf Unterschiede der Lippenkraft bezüglich des Geschlechts, der Angle-Klassen und der Ausprägung des dentalen frontalen Tiefbisses untersucht (Abbildung 37).

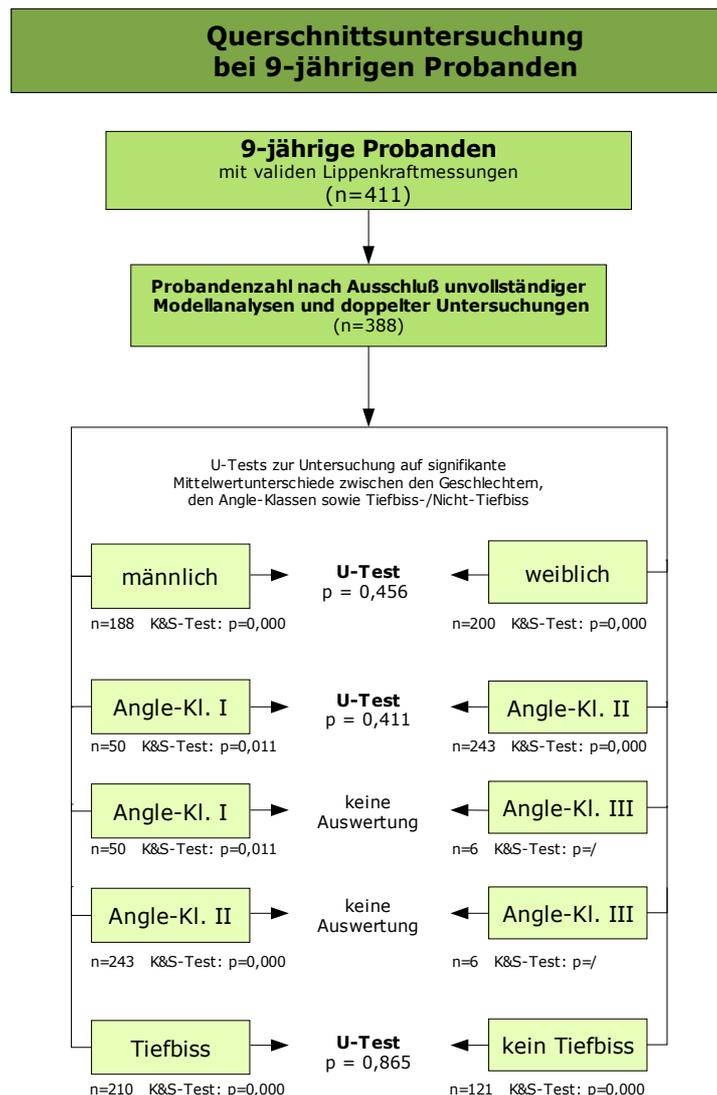


Abbildung 37: 9-Jährige - Mittelwertvergleiche

Zur Eruierung evtl. vorhandener signifikanter Mittelwertunterschiede wurden die Untergruppen zunächst auf Normalverteilung getestet. Die für die Mittelwerttests vorgesehenen Stichproben weichen signifikant von der Normalverteilung ab (K&S-Tests), so dass im Folgenden der für nicht-normalverteilten Stichproben übliche U-Test nach

MANN UND WHITNEY verwendet (Abbildung 37, Seite 63) wird.

Zur detaillierten Darstellung der relativen Häufigkeiten werden die Mittelwerte ( $\bar{x}$ ) zunächst mit ihren Dispersionsparametern (Minimum, Maximum, Standardabweichung 's' und Variationskoeffizient 'V%') in Tabellen gelistet, danach die Mittelwertunterschiede der einzelnen Untergruppen mittels Boxplots visualisiert und nachfolgend durch die Berechnung von Irrtumswahrscheinlichkeiten in U-Tests auf ihre medizinische Relevanz hin untersucht.

### 3.2.2.1 Lippenkraftvergleiche der Gesamtgruppe und nach Geschlecht

Tabelle 5 zeigt die Lippenkraft-Mittelwerte 9-jähriger Probanden bezüglich der Gesamtgruppe und der Geschlechter.

Mittelwerte 9-jähriger Probanden							
Lippenkraft (in kg/N)	n	$\bar{x}$	min	max	Median	s	V(%)
gesamt	388	1,0/9,8	0,1/1,0	4,0/39,2	1,0/9,8	0,5/4,9	50,0
männlich	188	1,0/9,8	0,1/1,0	4,0/39,2	1,0/9,8	0,5/4,9	50,0
weiblich	200	1,1/10,8	0,1/1,0	3,2/31,4	0,9/8,8	0,5/4,9	45,4

Tabelle 5: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige

Das 388 Probanden starke Kollektiv zeigt einen Mittelwert von 1,0 kg, was 9,8 N entspricht. Die 188 männlichen Probanden weisen ebenfalls einen Mittelwert von 1,0 kg = 9,8 N bei einer Standardabweichung von 0,5 kg/4,9 N auf, während bei den 200 weiblichen Probanden mit einem Mittelwert von 1,1 kg/10,8 N eine geringfügig höhere Lippenkraft gemessen wurde, als bei den männlichen Probanden. Die Messwerte liegen zwischen 0,1 kg/1,0 N und 4,0 kg/39,2 N, es ist eine durchschnittliche relative Dispersion von 50 % (V%) festzustellen.

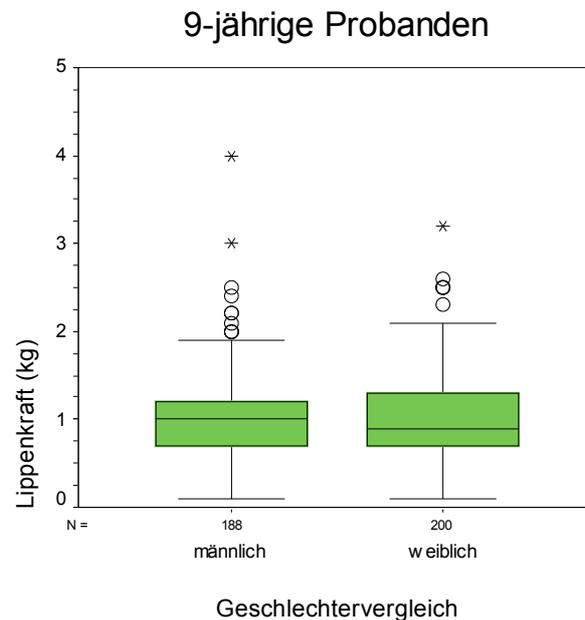


Abbildung 38: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige

Wie in Abbildung 38 ersichtlich liegt die Normalverteilung der Lippenkraftwerte bei den 188 männlichen Probanden zwischen 0,2 kg/1,9 N und 2 kg/19,6 N, der Mittelwert beträgt 1 kg/9,8 N. Die 200 weiblichen 9-Jährigen variieren zwischen 0,2 kg/1,9 N und 2,2 kg/21,5 N, der Mittelwert liegt bei 0,8 kg/7,8 N. In beiden Fällen sind Extremwerte, sowie Ausreisser über der Normalverteilung zu verzeichnen, die aus der Berechnung ausscheiden.

Schon die absoluten Mittelwerte von 1,0 kg/9,8 N und 1,1 kg/10,8 N der Geschlechtergruppen zeigen, dass die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen bezüglich der Lippenkraftmessungen gering sind (Tabelle 5).

<b>Vergleich der 9-Jährigen männlich/weiblich</b>				
<b>p-Werte</b>				
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	n	$\bar{x}$	Median	p-Wert
männlich	188	1,0/9,8	1,0/9,8	U-Test: 0,456
weiblich	200	1,1/10,8	0,9/8,8	

Tabelle 6: U-Test für 9-Jährige (Geschlechtervergleich)

Vergleicht man die Stichproben der männlichen und weiblichen Probanden statistisch-analytisch mittels U-Tests zeigt sich, dass zwischen den Geschlechtern kein signifikanter Unterschied in der Grösse der Lippenkraft besteht ( $p = 0,456$ ; Tabelle 6).

### 3.2.2.2 Lippenkraftvergleiche nach Angle Klassen

Der Vergleich der Lippenkraftmessungen im Bezug auf die unterschiedlichen Gebissklassen zeigt, dass auch in diesem Bereich lediglich leicht unterschiedliche Mittelwerte bestehen (Tabelle 7).

<b>Mittelwerte 9-jähriger Probanden</b>							
<b>Lippenkraft (in kg/N)</b>	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>Median</b>	<b>s</b>	<b>V(%)</b>
Angle Klasse I	50	1,1/10,8	0,4/3,9	3,2/31,4	1,0/9,8	0,6/5,9	54,5
Angle Klasse II	243	1,0/9,8	0,1/1,0	4,0/3,9	0,9/8,8	0,5/4,9	50,0
Angle Klasse III	6	1,2/11,8	0,6/5,9	3,0/29,4	0,7/6,9	0,9/8,8	75,0

Tabelle 7: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige (Angle Klassen)

In der 50 Personen starken Gruppe der Angle Klasse I liegt der errechnete Mittelwert bei 1,1 kg/10,8 N mit einer Standardabweichung von 0,6 kg/5,9 N und einem Variationskoeffizienten V% von 54 %. In der Angle Klasse II-Gruppe mit 243 Probanden wurde ein Mittelwert von 1,0 kg/9,8 N mit einer Standardabweichung von 0,5 kg/4,9 N und einem Variationskoeffizienten 50 % gemessen.

In der kleinsten Gruppe der Patienten mit Angle Klasse III zeigt sich ein Mittelwert von 1,2 kg/11,8 N bei einer Standardabweichung von 0,9 kg/8,8 N und einem Variationskoeffizienten V% von 75 %.

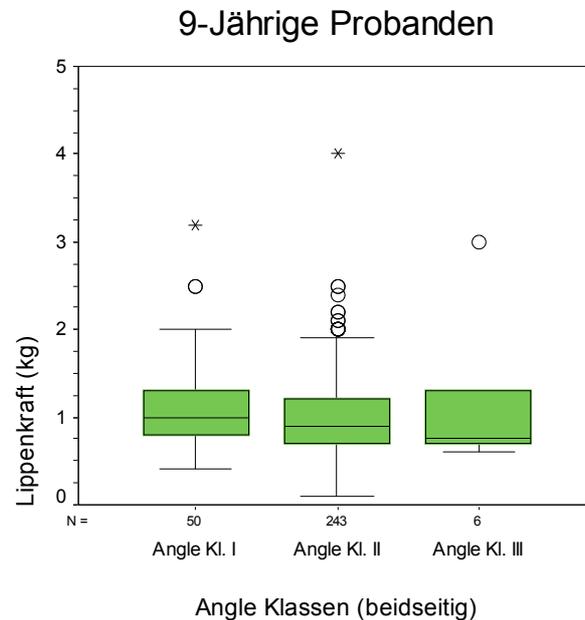


Abbildung 39: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige (Angle Klassen)

In der Mittelwertdarstellung der Boxplots in Abbildung 39 ist visualisiert, dass auch bezüglich der Angle Klassen-Verteilung die Mittelwerte eng zusammenliegen.

Vergleich der 9-Jährigen: Angle Kl. I/Angle Klasse II				
Lippenkraft (in kg/N)	n	$\bar{x}$	Median	p-Wert
Angle Klasse I	50	1,1/10,8	1,0/9,8	U-Test: 0,411
Angle Klasse II	243	1,0/9,8	0,9/8,8	

Tabelle 8: U- Test für 9-Jährige (Angle Klassen)

Die Mittelwerte der Probanden mit Angle Klasse I und Angle Klasse II liegen sehr nah beieinander. Der U-Test zeigt keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,411$ ) bezüglich der Lippenkraftmessungen zwischen Probanden mit Neutral- und Distalbiss.

3.2.2.3 Lippenkraftvergleiche nach Tiefbiss/kein Tiefbiss

Weiterhin wird untersucht, ob sich bezüglich der Lippenkraftmessungen Mittelwertunterschiede zwischen Patienten mit einer frontal tiefen Bissituation und Probanden ohne frontal tiefen Biss ergeben (Tabelle 9).

Mittelwerte 9-jähriger Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss)							
Lippenkraft (in kg/N)	n	$\bar{x}$	min	max	Median	s	V(%)
Tiefbiss	210	1,0/9,8	0,1/1,0	2,6/25,5	1,0/9,8	0,5/4,9	46,6
kein Tiefbiss	178	1,0/9,8	0,2/2,0	4,0/39,2	0,9/8,8	0,5/4,9	45,4

Tabelle 9: Mittelwertdarstellung für 9- Jährige (Tiefbiss/kein Tiefbiss)

Bei den 210 Probanden mit Tiefbiss liegt ein Mittelwert von 1,0 kg /9,8 N vor mit einer Standardabweichung von 0,5 kg/4,9 N. Der Mittelwert im Bereich der Gruppe ohne Tiefbiss liegt bei den 178 Probanden ebenfalls bei 1,0 kg/9,8 N, auch die Dispersion befindet sich beiden Gruppen in einem sehr ähnlichen Bereich von 45-46 % (V%).

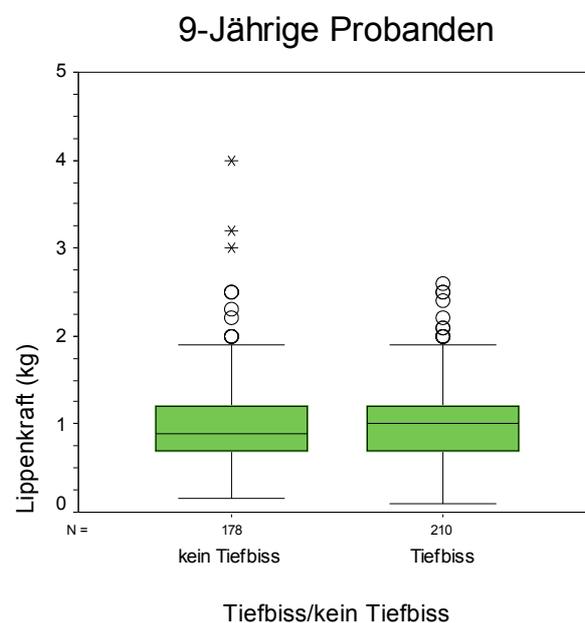


Abbildung 40: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige (Tiefbiss/kein Tiefbiss)

Auch die Visualisierung mittels Boxplots zeigt fast identische Berechnungen für beide Gruppen.

Vergleich der 9-Jährigen Tiefbiss/kein Tiefbiss				
Lippenkraft (in kg/N)	n	$\bar{x}$	Median	p-Wert
Tiefbiss	210	1,0/9,8	1,0/9,8	U-Test: 0,865
kein Tiefbiss	121	1,0/9,8	0,9/8,8	

Tabelle 10: Vergleich Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 9-Jährigen

Der U-Test ergibt einen p-Wert von 0,865 und belegt keinen signifikanten Unterschied zwischen der 'Tiefbiss'- und 'Nicht-Tiefbiss'-Gruppe im Bezug auf die ermittelte Lippenkraft.

### 3.3 Longitudinaluntersuchungen bei Probanden im Alter von 7 und 10 Jahren

Neben den in Kapitel 3.2 untersuchten Mittelwerten bei 9-jährigen Probanden, beschäftigt sich der zweite Teil dieser Arbeit mit der Beantwortung der Frage, ob sich die Lippenkraftmesswerte zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr verändern. Bei den Probanden handelt es sich um zufällig ausgewählte Schulkinder, die im Alter von 7 Jahren erstmals untersucht wurden und sich mit 10 Jahren einer erneuten Untersuchung unterzogen. Da es sich in beiden Altersgruppen um dieselben Individuen handelt, können für die statistisch-analytischen Vergleiche im Folgenden hochwertige Mittelwerttests für 'gepaarte Stichproben' verwendet werden.

#### 3.3.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlung

Zunächst muss aber erneut die Frage geklärt werden, ob bereits begonnene oder abgeschlossene kieferorthopädische Behandlungen innerhalb der beiden Probandengruppen und ihrer Untergruppen zu signifikanten Unterschieden bezüglich der Lippenkraft geführt haben. Das Organigramm (Abbildung 41) visualisiert die Vorgehensweise und die Aufspaltung der relevanten Untergruppen (Geschlecht, Angle Klassen, Tiefbiss). Nach Ausschluss unvollständiger Modellanalysen und doppelter Untersuchungen konnte eine Gruppe von 163 Personen selektiert werden, die aus Probanden besteht, die sowohl im Alter von sieben als auch im Alter von zehn Jahren an den Lippenkraftmessungen teilnahmen.

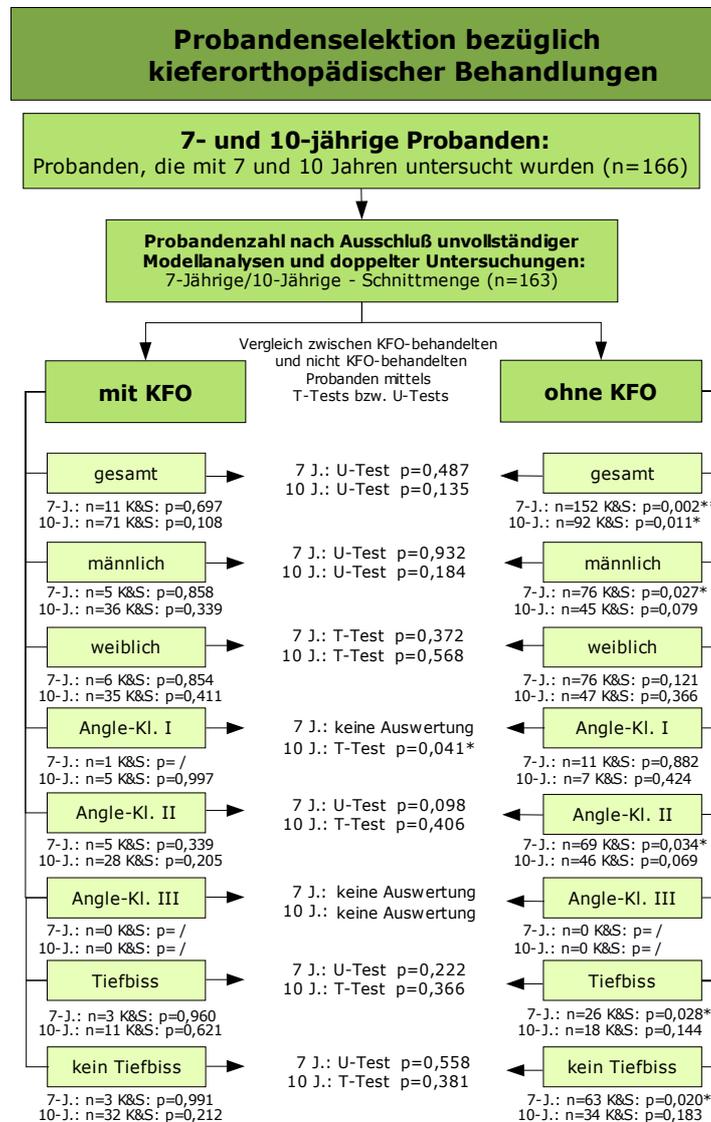


Abbildung 41: 7- und 10-Jährige - Probandenselektion (mit/ohne KFO)

Alle Untergruppen wurden mittels K&S-Tests auf Normalverteilung getestet. Bei der gesamten Gruppe der 7- und 10-Jährigen, sowie bei den männlichen 7- und 10-Jährigen, den Gruppen der 7-Jährigen mit der Angle Klasse II, sowie den 7-Jährigen mit und ohne Tiefbiss wurde eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung ( $p \leq 0,05$ ) festgestellt.

Der Beweis, dass eine begonnene oder abgeschlossene kieferorthopädische Behandlung

innerhalb unseres Probandenguts keine Auswirkungen auf die Grösse der Lippenkraft hat, wurde erbracht, indem die Gesamtgruppe und alle Untergruppen durch Mittelwerttests (T- Test nach STUDENT; U-Test nach MANN UND WHITNEY) auf signifikante Unterschiede getestet wurden. Je nach Verteilung der Stichproben, kam der eine oder der andere Mittelwerttest zum Einsatz (Abbildung 41, Seite 70).

Die Probandengruppen der Angle Klasse I und Angle Klasse III konnten aufgrund der zu geringen Fallzahl nicht in diese Untersuchung eingehen, da sich diese Anzahl durch die strengen Selektionskriterien (Exklusion bei Änderung des Angle Klasse-Befundes zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr) noch weiter reduzierte.

### 3.3.1.1 Probandenselektion bei 7-Jährigen

Die folgende Tabelle 11 beschreibt die Lippenkraft 7-jähriger Probanden mit und ohne kieferorthopädische Behandlung im Bezug auf die Gesamtgruppe und die Geschlechterverteilung.

7-Jährige mit und ohne KFO						
Lippenkraft (in kg/N)	mit/ohne KFO	n <sub>1</sub>	$\bar{x}$	Median	p-Wert	n <sub>2</sub>
Gesamtgruppe	mit KFO	11	0,7/6,9	0,7/6,9	U-Test: 0,487	163
	ohne KFO	152	0,8/7,8	0,7/6,9		
männliche Probanden	mit KFO	5	0,8/7,8	0,7/6,9	U-Test: 0,932	81
	ohne KFO	76	0,8/7,8	0,8/7,8		
weibliche Probanden	mit KFO	6	0,7/6,9	0,6/5,9	U-Test: 0,372	82
	ohne KFO	76	0,8/7,8	0,7/6,9		

Tabelle 11: Basisgruppen bei 7-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Mittels der U- Tests wurde auf signifikante Unterschiede getestet. Betrachtet man die p-Werte so fällt auf, dass weder in der Gesamtgruppe, noch in der Gruppe der männlichen bzw. weiblichen Probanden signifikante Unterschiede zwischen den KFO- und den Nicht-KFO-Probanden bestehen. Folglich kann eine Gesamtgruppe von 163 Probanden gebildet werden, sowie die Gruppen der männlichen und weiblichen Probanden ebenfalls zusammengefasst werden.

Tabelle 12 zeigt die 7-Jährigen mit und ohne kieferorthopädische Behandlung im Bezug auf die Angle Klassen.

<b>Angle Klassen bei 7-Jährigen mit und ohne KFO</b>						
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	mit/ohne KFO	n <sub>1</sub>	$\bar{x}$	Median	p-Wert	n <sub>2</sub>
Angle Klasse I	mit KFO	1	0,8/7,8	0,8/7,8	-	12
	ohne KFO	11	0,6/5,9	0,6/5,9		
Angle Klasse II	mit KFO	5	0,6/5,9	0,5/4,9	U-Test: 0,098	74
	ohne KFO	69	0,8/7,8	0,8/7,8		
Angle Klasse III	mit KFO	0	-	-		0
	ohne KFO	0	-	-		

Tabelle 12: Angle Klassen bei 7-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Es zeigt sich in Tabelle 12, dass die 7-jährigen Probanden der Angle Klasse I unabhängig von einer kieferorthopädischen begonnenen Behandlung zu einer 12 Personen starken Gruppe zusammengefasst werden können. Ebenso zu betrachten ist das Kollektiv der Angle Klasse II, das als eine 74 Personen starke Gesamtgruppe betrachtet werden kann.

Die folgende Tabelle 13 beschreibt das Kollektiv der 7-Jährigen mit oder ohne kieferorthopädische Behandlung im Bezug auf die Tiefbissituation.

<b>Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 7-Jährigen mit und ohne KFO</b>						
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	mit/ohne KFO	n <sub>1</sub>	$\bar{x}$	Median	p-Wert	n <sub>2</sub>
Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)	mit KFO	3	0,6/5,9	0,5/4,9	U-Test: 0,222	29
	ohne KFO	26	0,9/8,8	0,8/7,8		
kein Tiefbiss (< 3,5 mm)	mit KFO	3	0,8/7,8	0,8/7,8	U-Test: 0,558	66
	ohne KFO	63	0,8/7,8	0,7/6,8		

Tabelle 13: Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 7-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Betrachtet man die Gruppe der 7-Jährigen mit und ohne Tiefbissituation, so kann man nach Überprüfung mit dem U-Test ( $p = 0,222$ ) die 3 Probanden "mit" und die 26 Probanden "ohne" kieferorthopädische Behandlung zu einer einzigen Gruppe von 29 Probanden zusammenfassen. Ebenso kann in der Gruppe der 66 Probanden ohne Tiefbiss, nach Überprüfung mit dem U-Test ( $p = 0,558$ ) kein signifikanter Unterschied der Mittelwerte im Bezug auf die Lippenkraft zwischen den drei 7-Jährigen "mit" und den 63 Schülern "ohne" kieferorthopädischer Behandlung errechnet werden, so dass auch hier Probanden "mit" und "ohne" KFO-Behandlung zusammengefasst werden können.

3.3.1.2 Probandenselektion bei 10-Jährigen

In Tabelle 14 wird die Probandenselektion der 10-Jährigen mit und ohne kieferorthopädische Behandlung im Bezug auf die Geschlechterverteilung betrachtet.

10-Jährige mit und ohne KFO						
Lippenkraft (in kg/N)	mit/ohne KFO	n <sub>1</sub>	$\bar{x}$	Median	p-Wert	n <sub>2</sub>
Gesamtgruppe	mit KFO	71	1,0/9,8	1,0/9,8	U-Test: 0,135	163
	ohne KFO	92	1,2/11,8	1,1/10,8		
männliche Probanden	mit KFO	36	1,1/10,8	1,0/9,8	U-Test: 0,184	81
	ohne KFO	45	1,3/12,8	1,1/10,8		
weibliche Probanden	mit KFO	35	1,0/9,8	1,0/9,8	U-Test: 0,568	82
	ohne KFO	47	1,0/9,8	1,0/9,8		

Tabelle 14: Basisgruppen bei 10-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Die Mittelwertvergleiche zeigen weder in der Gesamtgruppe noch in den Untergruppen 'männlich' und 'weiblich' signifikante Unterschiede zwischen den bereits in KFO-Behandlung befindlichen Patienten und den nicht-behandelten Probanden.

Auch in Bezug auf die verschiedenen Angle Klassen muss getestet werden, ob eine kieferorthopädische Behandlung in dieser Gruppierung der Zehnjährigen einen Einfluss auf die Lippenkraft hatte.

Angle Klassen bei 10-Jährigen mit und ohne KFO						
Lippenkraft (in kg/N)	mit/ohne KFO	n <sub>1</sub>	$\bar{x}$	Median	p-Wert	n <sub>2</sub>
Angle Klasse I	mit KFO	5	0,9/8,8	0,8/7,8	T-Test: 0,041*	7
	ohne KFO	7	1,3/12,8	1,5/14,6		
Angle Klasse II	mit KFO	28	1,0/9,8	1,0/9,7	T-Test: 0,406	74
	ohne KFO	46	1,1/10,8	1,0/9,7		
Angle Klasse III	mit KFO	0	-	-	-	0
	ohne KFO	0	-	-		

Tabelle 15: Angle Klassen bei 10-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Für die Angle Klasse I-Gruppe ergibt sich ein signifikanter Unterschied, so dass im Folgenden nur die Gruppe der Probanden 'ohne' KFO-Behandlung berücksichtigt werden dürfte. Aufgrund der dadurch weiter reduzierten Probandenzahl kann keine weitere Betrachtung innerhalb der Gruppe der Angle Klasse I-Probanden stattfinden. Für die

Gruppe der Angle Klasse II-Probanden sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen, so dass hier die Gesamtgruppe von 74 Probanden in die weiteren statistischen Analysen eingehen kann.

Für die Gruppierung nach Ausprägung des Kriteriums 'Tiefbiss' erfolgen für die Zehnjährigen in Tabelle 16 die notwendigen Tests.

<b>Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 10-Jährigen mit und ohne KFO</b>						
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	mit/ohne KFO	n <sub>1</sub>	$\bar{x}$	Median	p-Wert	n <sub>2</sub>
Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)	mit KFO	11	1,0/9,8	1,0/9,7	T-Test: 0,366	29
	ohne KFO	18	1,2/11,8	1,1/10,7		
kein Tiefbiss (< 3,5 mm)	mit KFO	32	1,0/9,8	1,0/9,7	T-Test: 0,381	66
	ohne KFO	34	1,1/10,8	1,0/9,7		

Tabelle 16: Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 10-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung

Aufgrund der Ergebnisse der T-Tests bei den Tiefbissfällen ( $p = 0,366$ ) und Nicht-Tiefbiss-Fällen ( $p = 0,381$ ) müssen auch diese beiden Gruppen nicht aufgrund des Kriteriums 'KFO-Behandlung' differenziert betrachtet werden und können zu zwei Gesamtkollektiven zusammengefasst werden.

### 3.3.2 Mittelwertvergleiche - Lippenkraftmessungen bei 7- bis 10-Jährigen

Abbildung 42 stellt die Vorgehensweise dar, um die Mittelwertvergleiche für die Lippenkraftmessungen der einzelnen Probandengruppen im Alter von 7 und 10 Jahren durchzuführen. Nach Ausschluss unvollständiger Modellanalysen und doppelter Untersuchungen, sowie einer Schnittmengenbildung aller Probanden, die im Alter von 7 und 10 Jahren untersucht wurden, beläuft sich die Probandenzahl auf 163.

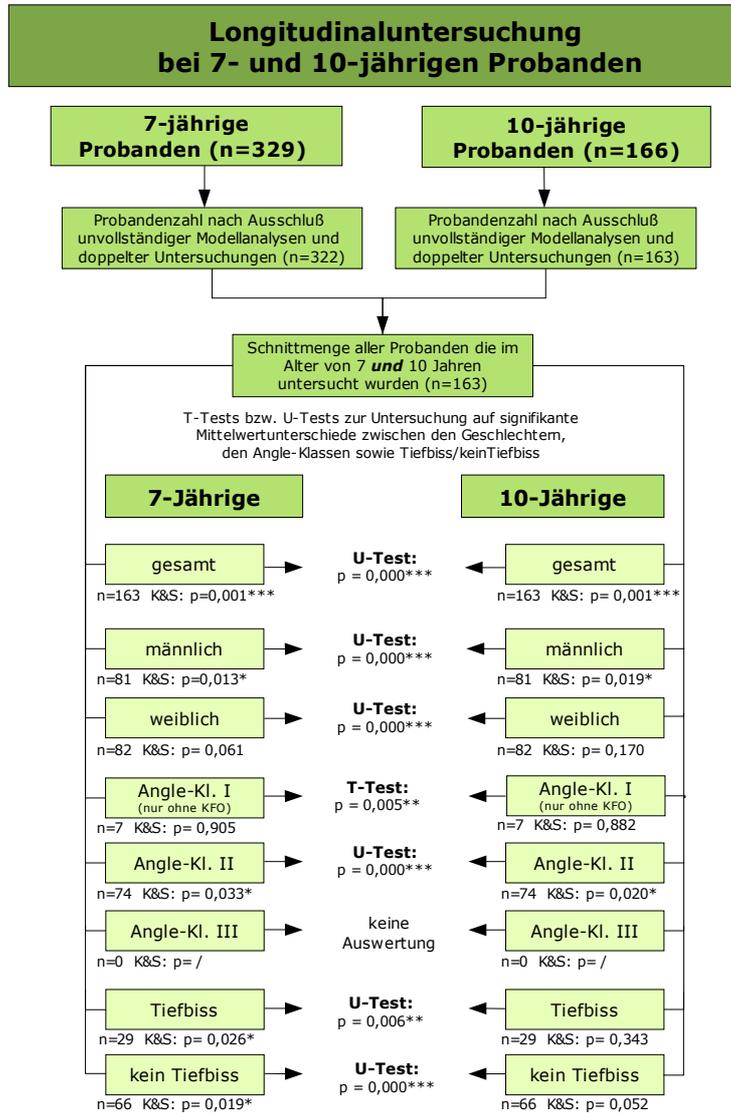


Abbildung 42: 7- und 10-Jährige - Mittelwertvergleiche

Zur Auswahl der nachfolgenden Mittelwerttests, wurden die Stichproben auf Normalverteilung getestet. Es kam vorwiegend der U-Test zum Einsatz.

3.2.2.1 Lippenkraftvergleiche der Gesamtgruppe und nach Geschlecht

Die folgende Tabelle 17 zeigt die Mittelwerte 7-jähriger Probanden bezüglich der Gesamtgruppe sowie der Unterguppen der Jungen und Mädchen. Neben dem arithmetischen Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und dem Median werden die minimalen und maximalen Messwerte, sowie die Standardabweichung (s) und der Variationskoeffizient (V%) aufgeführt.

Mittelwerte 7-jähriger Probanden							
Lippenkraft (in kg/N)	n	$\bar{x}$	min	max	Median	s	V(%)
gesamt	163	0,8/7,8	0,2/2,0	3,0/29,4	0,7/6,9	0,4/3,9	50,0
männlich	81	0,8/7,8	0,2/2,0	3,0/29,4	0,8/7,8	0,5/4,9	62,5
weiblich	82	0,8/7,8	0,2/2,0	2,0/19,6	0,7/6,9	0,3/2,9	37,5

Tabelle 17: Lippenkraft bei 7-jährigen Probanden

Bei dem Vergleich der ermittelten Lippenkraftwerte, die sowohl in Kilogramm (kg) als auch Newton (N) angegeben sind, fällt auf, dass die Mittelwerte insgesamt, sowie bei den männlichen und weiblichen Schülern nicht differieren. Bei allen siebenjährigen 163 Probanden liegt der Mittelwert bei 0,8 kg/7,8 N. In der Gruppe der männlichen Probanden zeigt sich eine etwas grössere Dispersion (V% = 62,5 %), in der weiblichen Gruppe mit V% = 37,5 % die kleinste Streuung. Die Messwerte liegen in einem Intervall von 0,2 kg/2,0 N bis 3 kg/29,4 N.

In Tabelle 18 werden die Mittelwerte der Gesamtgruppe der 10-jährigen Probanden im Bezug auf die Geschlechterverteilung dargestellt.

Mittelwerte 10-jähriger Probanden							
Lippenkraft (in kg/N)	n	$\bar{x}$	min	max	Median	s	V(%)
gesamt	163	1,1/10,8	0,3/2,9	3,0/29,4	1,0/9,8	0,5/4,9	45,5
männlich	81	1,2/11,8	0,3/2,9	3,5/34,3	1,0/9,8	0,6/5,9	50,0
weiblich	82	1,0/9,8	0,3/2,9	2,5/24,5	1,0/9,8	0,4/3,9	40,0

Tabelle 18: Lippenkraft bei 10-jährigen Probanden

Auch hier schwanken die Mittelwerte der drei Gruppen nur gering zwischen 1,0 kg/9,8 N und 1,2 kg/11,8 N. Der höchste Mittelwert wurde mit 1,2 kg/11,8 N in der Gruppe der 81 männlichen Probanden festgestellt. Der für die 82 weiblichen

Probanden berechnete Mittelwert war mit 1,0 kg/9,8 N etwas geringer und zeigt eine Standardabweichung von 0,4 kg/3,9 N. Die Dispersion in Form des relativen Variationskoeffizienten schwankt zwischen 40 und 50 %.

Nach der getrennten Darstellung der Mittelwerte für die Gruppen der 7- und 10-jährigen Probanden in den vorstehenden Tabellen 17 und 18, werden diese Mittelwerte in Tabelle 19 gegenübergestellt. Mit Hilfe von U-Tests wird zwischen den sieben- und den zehnjährigen Schülern auf signifikante Unterschiede der Lippenkraft geprüft.

<b>Mittelwertvergleiche im Alter von 7 und 10 Jahren</b>				
<b>Lippenkraft (in kg/N)</b>	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>Median</b>	<b>p-Wert</b>
7-jährig gesamt	163	0,8/7,8	0,7/6,9	U-Test: 0,000***
10-jährig gesamt		1,1/10,8	1,0/9,8	
7-jährig männlich	81	0,8/7,8	0,8/7,8	U-Test: 0,000***
10-jährig männlich		1,2/11,8	1,0/9,8	
7-jährig weiblich	82	0,8/7,8	0,7/6,9	U-Test: 0,000***
10-jährig weiblich		1,0/9,8	1,0/9,8	

Tabelle 19: Vergleich der Lippenkraft bei 7- und 10-Jährigen

Für die Gesamtgruppe der 163 Sieben- und Zehnjährigen wurde mittels U-Test ein p-Wert von 0,000 berechnet, was einen höchst signifikanten Unterschied zwischen den ermittelten Lippenkraftwerten der Gesamtgruppe belegt. Folglich erhöht sich die Lippenkraft zwischen vom 7. und 10. Lebensjahr um durchschnittlich +0,3 kg/2,9 N.

Bei den 81 männlichen Probanden steigt die mittlere Lippenkraft von 0,8 kg/7,8 N auf 1,2 kg/11,8 N, d.h. um +0,4 kg/3,9 N höchst signifikant an, während die weiblichen Probanden mit einem geringeren Anstieg von +0,2 kg/1,9 N aber ebenfalls eine höchst signifikante Erhöhung bezüglich der Lippenkraftwerte zeigen.

3.3.2.2 Lippenkraftvergleiche nach Angle Klassen

Betrachtet man die durchschnittlichen Mittelwerte der Siebenjährigen in den Untergruppen 'Angle Klasse I' und 'Angle Klasse II', ergeben sich die in Tabelle 20 dargestellten Ergebnisse. Siebenjährige Probanden, die im Alter von zehn Jahren immer noch eine Angle Klasse III aufwiesen, waren in unserem Probandenkollektiv nicht vorhanden.

<b>Mittelwerte 7-jähriger Probanden (Angle Klassen)</b>							
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	n	$\bar{x}$	min	max	Median	s	V(%)
Angle Klasse I	7	0,6/5,9	0,2/2,0	1,0/9,7	0,6/5,9	0,3/2,9	50,0
Angle Klasse II	74	0,8/7,8	0,2/2,0	3,0/32,2	0,8/7,8	0,4/3,9	50,0
Angle Klasse III	0	-	-	-	-	-	-

Tabelle 20: Lippenkraft bei 7-jährigen Probanden nach Angle Klassen

Bei den 7 Probanden mit einer Angle Klasse I wurde ein Mittelwert von 0,6 kg/5,9 N bei einer Standardabweichung von 0,3 kg/2,9 N gemessen. In der Gruppe der 74 Probanden mit der Angle Klasse II war der Mittelwert 0,8 kg/7,8 N mit einer Standardabweichung von 0,4 kg/3,9 N.

Für die 10-jährigen Probanden werden die Mittelwerte bezüglich der Angle Klassen I und II in Tabelle 21 dargestellt.

<b>Mittelwerte 10-jähriger Probanden (Angle Klassen)</b>							
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	n	$\bar{x}$	min	max	Median	s	V(%)
Angle Klasse I	7	1,3/12,7	1,0/9,7	1,6/15,6	1,5/14,6	0,3/2,9	23,1
Angle Klasse II	74	1,1/10,7	0,3/2,9	3,5/34,1	1,0/9,7	0,5/4,9	45,5
Angle Klasse III	0	-	-	-	-	-	-

Tabelle 21: Lippenkraft bei 10-jährigen Probanden nach Angle Klassen

Die sieben 10-Jährigen mit Angle Klasse I weisen bei einem Mittelwert von 1,3 kg/12,7 N und einer Standardabweichung von 0,3 kg/2,9 N den grössten Messwert auf. Um 0,2 kg/2,0 N niedriger mit 1,1 kg/10,7 N, fiel der Wert bei den 74 Probanden der Angle Klasse II aus.

Die in den Tabellen 20 und 21 aufgeführten Mittelwerte für die 7- und 10-jährigen Probanden werden in der nachfolgenden Tabelle 22 auf signifikante Unterschiede getestet.

<b>Mittelwertvergleiche im Alter von 7 und 10 Jahren (Angle Klassen)</b>				
<b>Lippenkraft (in kg/N)</b>	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>Median</b>	<b>p-Wert</b>
7-jährig Angle Klasse I	12	0,6/5,9	0,6/5,9	T-Test: 0,025**
10-jährige Angle Klasse I		1,3/12,7	1,5/14,6	
7-jährig Angle Klasse II	74	0,8/7,8	0,8/7,8	U-Test: 0,000***
10-jährig Angle Klasse II		1,1/10,7	1,0/9,7	
7-jährig Angle Klasse III	-	-	-	keine Auswertung
10-jährig Angle Klasse III		-	-	

Tabelle 22: Vergleich der Lippenkraft bei 7- und 10-Jährigen (Angle Klassen)

Im Vergleich der 12 Probanden 7- und 10-Jährigen mit Angle Klasse I wurde mittels T-Test ein p-Wert von 0,025 ermittelt, der einen hoch signifikanten Unterschied der Lippenkraftwerte verdeutlicht. Folglich erhöhte sich die Lippenkraft zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr bei den Angle Klasse I-Probanden dieser Studie signifikant um durchschnittlich 0,7 kg/6,9 N. Die geringen Probandenzahl in dieser Gruppe relativiert das Ergebnis jedoch.

Der verwendete U-Test zeigt mit  $p = 0,000$  in der Angle Klasse II-Gruppe einen höchst signifikanten Unterschied zwischen den 7- und 10-jährigen Probanden, d.h. die Lippenkraft nimmt bei Probanden der Angle Klasse II um durchschnittlich +0,3 kg/2,9 N höchst signifikant zu.

3.3.2.3 Lippenkraftvergleiche nach Tiefbiss/kein Tiefbiss

Die folgende Tabelle 23 beschreibt die Mittelwerte der 7-jährigen Probanden für die Untergruppen der Tiefbiss/Nicht-Tiefbiss-Gruppen, sowie die ermittelten minimalen und maximalen Werte, den Median, die Standardabweichung sowie den Variationskoeffizienten V(%).

<b>Mittelwerte 7-jähriger Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss)</b>							
<b>Lippenkraft (in kg/N)</b>	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>Median</b>	<b>s</b>	<b>V(%)</b>
Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)	29	0,8/7,8	0,2/2,0	3,0/29,3	0,8/7,8	0,5/4,9	62,5
kein Tiefbiss (< 3,5 mm)	66	0,8/7,8	0,2/2,0	2,0/19,5	0,7/6,8	0,4/3,9	50,0

Tabelle 23: Lippenkraft bei 7-jährigen Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss)

Die 29 Siebenjährigen mit frontalem Tiefbiss ( $\geq 3,5$  mm) weisen mit 0,8 kg/7,8 N den gleichen Mittelwert für die Lippenkraft auf wie die 66 Siebenjährigen ohne Tiefbiss. Die Werte bewegen sich in einem Intervall von 0,2 kg/2,0 N bis 3,0 kg/29,3 N, die Dispersion liegt bei 50-62,5 % (V%).

Tabelle 24 zeigt die Werte für die 10-jährigen Probanden mit Mittelwerten, Medianen, minimalen und maximalen Werten, sowie der Standardabweichung und den Variationskoeffizienten für die Untergruppen 'Tiefbiss' und 'Nicht-Tiefbiss'.

<b>Mittelwerte 10-jähriger Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss)</b>							
<b>Lippenkraft (in kg/N)</b>	<b>n</b>	$\bar{x}$	<b>min</b>	<b>max</b>	<b>Median</b>	<b>s</b>	<b>V(%)</b>
Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)	29	1,1/10,7	0,3/34,1	3,5/34,1	1,0/9,7	0,6/5,9	54,5
kein Tiefbiss (< 3,5 mm)	66	1,1/10,7	0,3/2,9	2,5/24,4	1,0/9,7	0,5/4,9	45,5

Tabelle 24: Lippenkraft bei 10-jährigen Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss)

Es ergaben sich identische Messwerte bei den 10-Jährigen mit Tiefbiss und ohne Tiefbiss von 1,1 kg/10,7 N. Die Spannweite der Messwerte liegt zwischen 0,3 kg/2,9 N und 3,5 kg/34,1 N, die Streuung zwischen 45,5 und 54,5 %.

Um die Mittelwerte der beiden Gruppen zwischen den Probanden im Alter von 7 und 10 Jahren statistisch zu vergleichen, werden U-Tests verwendet und die Ergebnisse in Tabelle 25 dargestellt.

<b>Mittelwertvergleiche im Alter von 7 und 10 Jahren (Tiefbiss/kein Tiefbiss)</b>				
<b>Lippenkraft</b> (in kg/N)	n	$\bar{x}$	Median	p-Wert
7-Jährige Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)	29	0,8/7,8	0,8/7,8	U-Test: 0,006**
10-Jährige Tiefbiss ( $\geq 3,5$ mm)		1,1/10,7	1,0/9,7	
7-Jährige kein Tiefbiss ( $< 3,5$ mm)	66	0,8/7,8	0,7/6,8	U-Test: 0,000***
10-Jährige kein Tiefbiss ( $< 3,5$ mm)		1,1/10,7	1,0/9,7	

Tabelle 25: Vergleich der Lippenkraft bei 7- und 10-Jährigen (Tiefbiss/kein Tiefbiss)

Der Vergleich innerhalb der Gruppe mit tiefem Biss ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Altersklassen, d.h. die Lippenkraft steigt bei Tiefbisspatienten vom 7. bis zum 10. Lebensjahr um durchschnittlich +0,3 kg/2,9 N an. In der Gruppe der 66 Probanden ohne Tiefbiss stellt sich eine ebenfalls um +0,3 kg/2,9 N erhöhte Lippenkraft zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr höchst signifikant dar.

#### **4. Diskussion**

Für die Kieferorthopädie ist das harmonische Gleichgewicht der oralen und perioralen Muskulatur, mit seinem Einfluss auf die Zahnstellung von grosser Wichtigkeit. Die Funktion der perioralen Muskulatur bestimmt zu einem wesentlichen Teil die Kieferform, die Form der Zahnbögen, sowie die Achsstellung der Frontzähne. Bei Störungen des normalen Funktionsgeschehens können Zahnstellungsanomalien und Fehlbildungen der knöchernen Strukturen entstehen [17]. Von großem Interesse ist die Erfassung der bei orofazialen Dyskinesien auftretenden Kräfte im Lippen- und Zungenbereich. In der vorliegenden Studie wird die von den Lippen ausgehende Maximalkraft in Abhängigkeit verschiedener Faktoren, wie dem Alter, dem Geschlecht und bestimmter Gebisskriterien gemessen.

Die Probandengruppe setze sich aus 7-10 Jahre alten Schülerinnen und Schülern zusammen. Zwei Säulen bilden die tragenden Elemente der Studie: Zum einen eine Querschnittsuntersuchung bei 9-jährigen Kindern und zum anderen eine Longitudinaluntersuchung der Kinder im Alter von 7 und 10 Jahren.

##### **4.1 Querschnittsuntersuchungen bei 9-jährigen Probanden**

Für die Querschnittsuntersuchungen stand ein Kollektiv von 388 neunjährigen Schülkindern zur Verfügung. Eine Vielzahl an Studien, in denen verschiedene Messanordnungen verwendet wurden, befassten sich mit der perioralen Muskelkraft. Auch wenn hier eine grosse Bandbreite an Variationen auf Grund der unterschiedlichen Messtechniken existiert, können einige grundlegende Schlüsse gezogen werden.

###### **4.1.1 Horizontale Zugversuche zur Maximalkraftmessung**

Hierbei handelt es sich um Lippenkraftmessungen mit der in Kapitel 2.2 beschriebenen Federwaage. In den Untersuchungen GARLINERS [11] wurden die Einflüsse der perioralen Muskulatur auf die unterschiedlichen Gebissklassifikationen hin untersucht. Seine mit der Federwaage durchgeführten Untersuchungen an einigen tausend Patienten unterschiedlichen Geschlechts, Alters und Gebissklassifikation ergaben einen Mittelwert von 3-5 Pfund, entsprechend 1,5-2,5 kg/14,7-24,5 N, im Vergleich zu den mit 1 kg/9,8 N ermittelten Mittelwert der 9-jährigen Probanden (Tabelle 5, Abbildung 38, Seite 64)

dieser Studie ein höherer Wert, was mit dem in GARLINERS Untersuchungen nicht berücksichtigten Alter der Probanden zu erklären ist.

HORN [17] beschrieb nach Untersuchungen von 107 Probanden im Alter von 8-37 Jahren eine Korrelation der Kraft der perioralen Muskulatur mit dem Alter. Zusätzlich beschrieb er eine zunehmende Muskelkraft hinsichtlich des Geschlechts der Probanden, die männlichen Probanden verzeichneten eine grössere periorale Muskelkraft. Dies steht im Gegensatz zu den in der vorliegenden Studie beschriebenen Ergebnissen, bei denen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede gefunden wurden (Abbildung 38, Seite 65). Ebenso konnte kein Zusammenhang der Kraft mit der Bisslage nachgewiesen werden, was die zuvor beschriebenen Ergebnisse dieser Studie unterstreicht (Abbildung 39, Tabelle 8, Seite 67).

Auch in den Untersuchungen zur perioralen Muskelkraft durch OTT [35],[34] wurden mit einer Federwaage Messungen an 254 Neun- bis Sechundsiebzijährigen durchgeführt. Die Mittelwerte lagen zwischen 1,0 kg/9,8 N und 1,8 kg/17,6 N, was mit den Messungen der Mittelwerte in der vorliegenden Studie einhergeht. Die Mittelwerte der 9-Jährigen lagen ebenfalls bei ca. 1 kg/10 N. Die höheren Messwerte sind wohl mit dem zum Teil grösseren Alter der Probanden in der Studie nach OTT zu erklären. Zusätzlich erfolgte die Beurteilung der Muskelkräfte hinsichtlich des Geschlechts der Probanden, sowie im Bezug zu der vorliegenden Gebissklassifikation. Hierbei ist eine signifikante Abweichung der Differenzen zwischen Jungen und Mädchen ersichtlich, im Gegensatz zu der Messung in der vorliegenden Studie, in der sogar der Messwert der maximalen Lippenkraft bei den weiblichen Probanden mit einem Wert von 1,1 kg/10,8 N im Vergleich zu 1,0 kg/9,8 N bei den männlichen Probanden, minimal höher lag (Tabelle 5, Seite 64). In Bezug auf die Gebissklassifikation nach Angle konnte weder in der eigenen Studie noch in den Untersuchungen OTTS eine Korrelation im Bereich der perioralen Muskelkraft herausgestellt werden.

Das Ziel einen Zusammenhang zwischen dem Lippenschluss und verschiedenen Gebissanomalien zu finden, verfolgte YATA [62] in seiner Untersuchung von 53 Patienten im Alter von 10-12 Jahren. Er beurteilte Befundunterlagen wie die FRS- Analyse, die Modellanalyse und funktionelle Analysen, führte aber auch Messungen der perioralen Muskelkräfte mit einer Federwaage durch. Die in dieser Studie berechneten Mittelwerte

liegen in der Gruppe mit kompetentem Lippenschluss bei 0,46 kg/4,5 N und in der Gruppe mit inkompetentem Lippenschluss mit 0,39 kg/3,8 N erheblich niedriger, was in weiteren Studien belegt ist [11],[12],[17],[34],[35].

#### **4.1.2 Vertikale Lippenpressversuche zur Maximalkraftmessung**

Vergleiche der Maximalkraftmessungen horizontalen Lippenzugversuche sind mit den Messergebnissen vertikaler Lippenpressversuche nur bedingt möglich. Hierbei handelt es sich um die in Kapitel 1.2.3. beschriebenen Messmethoden. Messungen der perioralen Maximalkraft erfolgten durch JUNG [22], der Korrelationen zwischen der Oberlippenkraft und kraniofazialen Strukturen mit Hilfe des Y-Meters (Kapitel 1.2.3, Abbildung 12, Seite 12) untersuchte. Hierbei zeigten sich maximale Lippenschlusskräfte von 0,3 kg/3,3 N und 1,4 kg/13,8 N, sowie maximale Lippenkräfte zwischen 0,4 kg/4,3 N und 2,1 kg/20,3 N. Diese Werte sind sehr breit gefächert, beinhalten jedoch den in dieser Studie ermittelten Messbereich der maximalen Lippenkraft, gemessen mit der Federwaage. Der grosse Messbereich in JUNGS [22] Untersuchungen könnte auf Grund der breit gefächerten Altersverhältnisse zu erklären sein, eine genauere Altersangaben des Probandengut erfolgt jedoch in der Studie nicht.

Messungen bezüglich der Maximalkraft wurden in einer Studie von INGERVALL UND JASON [19] beschrieben, in der mittels eines Dynamometers, dem in Kapitel 1.2.3. beschriebenen Pommeter (Abbildung 10, Seite 72), 50 Kinder zwischen 7 und 13 Jahren unterschiedlicher Gebissanomalien untersucht wurden. Diese schon von POSEN [36] beschriebene Messmethode misst die maximale Kraft, mit der die Lippen der Zugkraft entgegenwirken können. INGERVALL UND JASON [19] eruierten mögliche Korrelationen der Lippenkraft mit den differenten Bissanomalien und lippenmorphologischen Kriterien. Der Mittelwert betrug ca. 200 g/2 N, was bedeutend niedriger ist, als der in der vorliegenden Studie gemessene Wert von ca.1000 g/9,8 N für die Zugversuche. Die Untersuchung auf mögliche Korrelationen bezüglich der in beiden Studien untersuchten Kriterien ergab keinen Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Probanden bzw. zwischen den unterschiedlichen Gebissklassen. Ein Zusammenhang mit dem ansteigenden Alter der Probanden und der damit verbundenen grösser werdenden maximalen Lippenkraft konnte aber verzeichnet werden.

Auch POSEN [36] beschrieb die Untersuchung der Maximalkraft mittels des Pommeters im Zusammenhang mit dem Alter, dem Geschlecht und der Gebissklassifikation. Signifikante Unterschiede konnten im Bezug auf das Geschlecht erst ab dem 16. Lebensjahr verzeichnet werden. Hier wurde bei den männlichen Probanden eine grössere Lippenkraft konstatiert. In der vorliegenden Studie wurden zwischen den männlichen und weiblichen Probanden in den Altersgruppen zwischen 7-10 Jahren ebenfalls keine signifikanten Unterschiede gefunden. Ein signifikanter Anstieg bezüglich des ansteigenden Alters geht ebenfalls konform mit dem in der longitudinalen Auswertung beschriebenen Kraftanstieg mit steigendem Alter der Probanden. Ebenso im Einklang stehen die Ergebnisse in Bezug auf die Relation der Lippenkraft mit den untersuchten Gebissklassifikationen. Weder für die eigenen Resultate, noch in den von POSEN [36] beschriebenen Ergebnissen, kann eine Abhängigkeit der perioralen Muskelkraft von den verschiedenen Angle Klassen festgestellt werden. Eine Korrelation bestand lediglich in den Messergebnissen bezüglich der Probanden der Angle Klasse II,2. Hier konnten signifikant grössere Lippenkräfte nachgewiesen werden. In der eigenen Studie wurde eine Unterscheidung zwischen Angle-Klasse II/1 und Angle Klasse II/2 nicht vorgenommen, da das Ausmaß von Reklinationen der Oberkieferfrontzähne an Modellbefunden nur unsicher messbar ist und die zur Beurteilung der Zahnachsenneigung notwendigen Fernröntgenseitenaufnahmen bei unserer epidemiologischen Studie aus ethischen Gründen nicht vorlagen.

#### ***4.1.3 Messungen der Muskelaktivitäten der perioralen Muskulatur***

Weitere indirekte Vergleiche der Ergebnisse perioraler Muskelkraftmessungen sind auch mittels Messungen der Muskelaktivitäten der perioralen Muskulatur möglich. Untersuchungen der Aktivität der perioralen Muskulatur mit dem EMG wurden von TOSELLO [60] beschrieben. Das Probandenkollektiv bestand aus 18 Kindern beider Geschlechter im Alter zwischen 8 und 12 Jahren, die entweder eine Normokklusion aufwiesen oder eine Angle Klasse II mit teils kompetentem, teils inkompetentem Lippenschluss. Korrelationen bezüglich der Muskelaktivität hingen nicht von der Gebissklassifikation ab, sondern davon, ob ein kompetenter oder inkompetenter Lippenschluss gegeben war. Eine erhöhte Muskelaktivität wurde in dem Probandenkollektiv des inkom-

petenten Lippenschlusses beobachtet. Untersuchungen bezüglich des Lippenschlusses wurden in der vorliegenden Studie nicht differenziert, jedoch konnten auch hier keine signifikanten Abhängigkeiten der maximalen perioralen Muskelkraft mit den Gebissklassifikationen festgestellt werden [60].

Die Ergebnisse TOSELLOS [60] können durch die Studie YAMAGUCHIS [61] bezüglich des Lippenschlusses unterstrichen werden, zusätzlich unterschied er in den insgesamt 66 Personen starken Probandengruppen noch den Overjet und den in unseren Untersuchungen ebenfalls betrachteten Oberbite. Es herrschten hierbei, wie auch in der vorliegenden Studie, keine Korrelationen der unterschiedlichen Ausprägungen der Frontzahnstufen mit der Muskelaktivität.

#### ***4.1.4 Druckmessungen der Lippenkräfte, die auf die Zähne einwirken***

Vergleiche der mit der Federwaage gemessenen perioralen Muskelkräfte sind indirekt möglich mit den in Kapitel 1.2.3. beschriebenen Verfahren der Druckmessung der Lippenkräfte, die aktiv oder passiv auf die Zähne einwirken. Lippenkraftmessungen werden auch für Verlaufs- und Erfolgskontrollen bestimmter kieferorthopädischen Therapien verwendet. GRABER [15] beschrieb in seiner Studie die Effekte des in Kapitel 1.2.4 erwähnten Lip Bumpers. HODGE [16] führte Messungen mit einem speziell für diesen Zweck entwickelten Druckbelastungsmessgerät durch, welches die distal an den Molaren auftretenden Kräfte darstellen konnte. Bei diesen Studien wurden wie in dieser Arbeit Zusammenhänge zwischen der Grösse der Lippenkraft mit verschiedenen Faktoren und Morphologien beschrieben. HODGE [16] beschrieb eine Korrelation der perioralen Muskelkraft mit unterschiedlichen Ausprägungen des Overbite und dem Tiefbiss. Er stellte grössere Kräfte bei Patienten mit normalem Overbite dar. Durch die eigene Studie konnte diese Aussage nicht belegt werden, Probanden unterschiedlichen Overbites wiesen keine signifikant unterschiedlichen Maximalkräfte für die maximale Lippenkraft auf. HODGE [16] konnte keine Zusammenhänge der gemessenen Druckkräfte mit der Lippenmorphologie zwischen kompetenten und inkompetenen Lippenschluss oder unterschiedlichem Overjet-Ausprägungen verzeichnen. Auch bezüglich der Kraftunterschiede zwischen den Geschlechtern konnten keine Korrelationen verzeichnet werden.

Weitere Untersuchungen zur Lippenkraft wurden auch von JACOBS [20],[21] beschrieben, der 48 Kinder unterschiedlicher Angle Klasse mit Spannungsmessern auf mögliche Korrelationen zu verschiedenen Dysgnathieformen betrachtete. Auch seine Ergebnisse bezüglich der Korrelationen der perioralen Muskulatur mit der Gebissklassifikation der Probanden decken sich mit den zuvor beschriebenen Studien [16],[17],[19],[26],[27],[34],[35],[62] und ergaben keine signifikanten Zusammenhänge.

#### **4.2 Longitudinaluntersuchungen bei Probanden im Alter von 7 und 10 Jahren**

Die longitudinale Untersuchung dieser Arbeit umfasst 163 Probanden, die sowohl im Alter von 7 als auch von 10 Jahren untersucht wurden. Diese Probandengruppe wurde als Gesamtgruppe, sowie bezüglich ihrer Untergruppen nach Geschlecht, Gebissklassifikation und dem Ausmass der vertikalen Frontzahnstufe (Tiefbiss/kein Tiefbiss) betrachtet. Mit Hilfe von Mittelwerttests (U- Test nach MANN UND WHITNEY bzw. T- Test nach STUDENT) wurde nach signifikanten Unterschieden derselben Probanden (gepaarte Stichproben) bezüglich der maximalen Lippenkraft im Alter von 7 und 10 Jahren gesucht. Sowohl in der Gesamtgruppe (+0,3 kg/2,9 N) als auch in den Untergruppen der männlichen (+0,4 kg/3,9 N) und weiblichen Probanden (+0,2 kg/2 N) stieg die Lippenkraft zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr höchst signifikant an. Innerhalb der Untergruppen Angle Klasse I ( $p = 0,025$ ; +0,7 kg/6,9 N) und Angle Klasse II ( $p = 0,000$ ; +0,3 kg/2,9 N) wurden ebenfalls signifikante Erhöhungen der Lippenkraftwerte zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr gefunden. Bezüglich der Angle Klasse I-Gruppe ist die Aussagekraft aufgrund der geringen Anzahl von 12 Probanden zweifelhaft. Da innerhalb der in dieser Arbeit durchgeführten Querschnittsstudie bei 9-Jährigen zwischen den Angle Klassen I und II keine Unterschiede bezüglich der Lippenmaximalkraft nachgewiesen werden konnte, relativiert sich die Bedeutung dieser Fragestellung. Bei Probanden, die mit 7 Jahren eine Angle Klasse II hatten und mit 10 Jahre diesen Befund ebenfalls noch aufwiesen, liegt die durchschnittliche Zunahme der Kraftgrösse mit +0,3 kg/2,9 N in demselben Bereich wie die Zunahme der Lippenkraft für das gesamte Probandenkollektiv. In der Gruppe der Probanden, die mit 7 und 10 Jahren einen dentalen frontalen Tiefbiss von mehr als 3,5 mm aufwiesen, wurde ebenfalls ein signifikanter Anstieg der Maximalkraft von

0,8 kg/7,8 N auf 1,1 kg/10,8 N (+0,3 kg/2,9 N) ermittelt. In der Gruppe der Probanden ohne Tiefbiss wurden identische Werte berechnet, auch hier erhöhte sich die Lippenkraft um 0,3 kg/2,9 N von 0,8 kg/7,9 N auf 1,1 kg/10,8 N. Ein Einfluss des Kriteriums 'Tiefbiss' auf die Grösse der Zunahme der maximalen Lippenkraft in dem Untersuchungszeitraum von 3 Jahren kann daher auch hier nicht belegt werden. Die Grösse der Zunahme entspricht in beiden Gruppen den Veränderungen des Gesamtklientels.

Die eigenen Untersuchungsergebnisse belegen und unterstützen durch den erwiesenen signifikanten Anstieg der Mittelwerte zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr die von verschiedenen Autoren beschriebene Hypothese, dass die Lippenkraft eine Abhängigkeit von dem Lebensalter aufweist und mit zunehmendem Alter grösser wird.

Die eigenen Ergebnisse an einer repräsentativen Gruppe von Grundschulkindern stellen damit Richtwerte für logopädische und myofunktionelle Diagnostik sowie Verlaufsprognosen dar.

In der bereits erwähnten Studie von HORN [17] wurde bei einhundertseven 8-37 Jahre alten Probanden eine Korrelation der perioralen Muskelkraft und dem Alter belegt. Er untersuchte sowohl die horizontale Lippenzugkraft, als auch die vertikale Lippenpresskraft mit der Federwaage und dem Myometer.

Auch INGERVALL [19] führte Messungen der Maximalkraft durch und untersuchte 50 Kinder zwischen dem 7. und 13. Lebensjahr bezüglich der vertikalen Lippenpresskraft. Auch er zeigte, dass die ermittelte Lippenkraft mit ansteigendem Alter grösser wurde.

In Übereinstimmung mit den eigenen Untersuchungsergebnissen zeigten auch die 9- und 10-jährigen Probanden bei den von POSEN [34] durchgeführten Untersuchungen mit dem Pommeter ein Einhergehen von Kraftanstieg der perioralen Muskulatur mit einem ansteigenden Alter der Probanden.

**7. Literaturverzeichnis**

- [1] ABDEL KADER H M. Vertical lip height and dental height changes in relation to the reduction of overjet and overbite in Class II, Division 1 malocclusion. *Am J Orthod.* 1983;9:260-63.
- [2] ALIX T. Les troubles cinétiques labiaux. *Annales de chirurgie plastique. Esthétique.* 2002;47:390-401.
- [3] ALLEN C. Dental arch form related with intraoral forces. *Am J Orthod.* 1972;61:541-61.
- [4] ANGLE EH. Classification of malocclusion. *Dental Cosmos.* 1899;41:148-264;350-57.
- [5] Bishara S E, Ziaja R. Functional appliances: A review. *Am J Orthod.* 1989;95:250-8.
- [6] CAMPICHE-THÖNEN M. Geräte und Hilfsmittel für Diagnostik, Therapie und Erfolgskontrolle. In: THIELE E. *Myofunktionelle Therapie in der Anwendung.* Heidelberg: Hüthig Buch Verlag; 1992:25.
- [7] CHENEY E A. Treatment planning and therapy in the mixed dentition. *Am J Orthod.* 1963;49:568-80.
- [8] FRÄNKEL R. Lip seal training in the treatment of open bite. *Europ J Orthod.* 1980;2:219-28.
- [9] FRÄNKEL C, FRÄNKEL R. *Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie.* Heidelberg: Hüthig Buch Verlag, 1992.
- [10] GARLINER D. Treatment of the open bite, utilizing myofunctional therapy. *Fortschr Kieferorthop.* 1982;43:295-307.
- [11] GARLINER D. The importance of orofacial muscle function and dysfunction in the treatment of various occlusal problems. *Fortschr Kieferorthop.* 1986;47:215-20.
- [12] GARLINER D. *Myofunktionelle Therapie in der Praxis. Gestörtes Schluckverhalten, gestörte Gesichtsmuskulatur und die Folgen- Diagnose, Planung und Durchführung der Behandlung.* Germering: Dinauer Verlag, 1989.
- [13] GOULD M. A method of measuring forces acting on teeth from the lips, cheeks and tongue. *British dental journal.* 1962;112:235-42.

- [14] GOULD M. A study of pressures exerted by the lips and cheeks on the teeth of subjects with normal occlusion. *Arch oral Biol.* 1964;9:469-78.
- [15] GRABER T. The use of muscle forces by simple orthodontic appliances. *Am J Orthod.* 1979;76:1-20.
- [16] HODGE J. Forces produced by lip bumpers on mandibular molars. *Am J Orthod.* 1997;111:613-22.
- [17] HORN H, GÖZ G, BACHER M, KOCH J, AXMANN-KRCMAR D. Maximalkraftmessungen des Lippen- und Zungendrucks und ihre Bedeutung für die klinische Diagnostik orofazialer Dyskinesien. *Fortschr Kieferorthop.* 1995;56:187-93.
- [18] HOTZ, R. Orthodontie in der täglichen Praxis. Med.Verlag H. Huber, Bern–Stuttgart 1954.
- [19] INGERVALL B, JANSON T. The value of clinical lip strenght measurements. *Am J Orthod.* 1981;80:496-507.
- [20] JACOBS R. Effects of altered anterior occlusal relationship on perioral muscular forces. *Angle Orthod.* 1967;37:144-6.
- [21] JACOBS R, BRODIE A. The analysis of perioral muscular accomodation in young subjects with malocclusion. *Angle Orthod.* 1966;36:325-34.
- [22] JUNG M-H, YANG W-S, NAHM D-S. Effects of upper closing lip force on craniofacial structures. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2003;123:58-63.
- [23] KATO Y. Perioral force measurement by a radiotelemetry device. *Am J Orthod.* 1989;5:410-4.
- [24] KLOCKE A. Muscle activity with the mandibular lip bumper. *Am J Orthod.* 2000;117:384-90.
- [25] KYDD W L. Maximum forces exerted on the dentition by the perioral and lingual musculature. *J Am Dent Assoc.* 1957;55:646-51.
- [26] LAPATKI BG. A surface EMG electrode for the simultanous observation of multiple facial muscles. *Journal of Neuroscience Methods.* 2003;123:117-28.
- [27] LAPATKI BG. The importance of the level of the lip line and resting lip pressure in ClassII, Devision 2 malocclusion. *J Dent Res.* 2002;81:323-8.
- [28] LINDEMANN D, MOORE R. Measurement of intraoral muscle forces during functional exercices. *Am J Orthod.* 1990;97:289-300.

- [29] MC NAMARA JA. JR. Influence of respiratory pattern on craniofacial growth. *Angle Orthod.* 1981;51:269-300.
- [30] McNULTY EC, LEAR CSC. Variability in lip adaptation to changes in incisor position. *J Dent Res.* 1968;47:537-47.
- [31] NÖTZEL KF, SCHULTZ C. Terminologie und Nomenklatur. In: NÖTZEL KF, SCHULTZ C, eds. Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik - Analysen und Tabellen für die Praxis. Köln-München: Dt. Zahnärzte-Verl., DÄV-Hanser, 2001:20.
- [32] NÖTZEL KF, SCHULTZ C. Terminologie und Nomenklatur. In: NÖTZEL KF, SCHULTZ C, eds. Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik - Analysen und Tabellen für die Praxis. Köln, München: Dt. Zahnärzte-Verl., DÄV-Hanser, 2001:33.
- [33] O'DONELL S, NADA R. Perioral forces and dental changes resulting from mandibular lip bumper treatment. *Am J Orthod.* 1998;113:247-55.
- [34] OTT K, Bock O, Eigenstetter S. Untersuchungen über die periorale Muskelkraft. *Dtsch zahnärztl Z.* 1980;35:1086-90.
- [35] OTT K, Bock O, Eigenstetter S. Untersuchungen über den Einfluss exogener Faktoren auf die Messung der perioralen Lippenkraft. *Dtsch zahnärztl Z.* 1981;36:47-50.
- [36] POSEN A. The influence of maximum perioral and tongue force on the incisor teeth. *Angle Orthod.* 1972;42:285-309.
- [37] PROFFIT W, Kydd W. Intraoral pressures in a young adult group. *J dent Res.* 1964;8:555-62.
- [38] PROFFIT W. Muscle Pressure and Tooth Position:North American Whites and Australian Aborigines. *Angle Orthod.* 1975;45:1-11.
- [39] RENNERT H, Quandt J. Werkzeug und Symbol -Der Mund in psychologischer und psychiatrischer Sicht. Beiträge zur Zahnheilkunde und ihren Grenzgebieten. Leipzig: J.A Barth Verlag; 1962.
- [40] SATOMI M. The relationship of Lip Strenght and Lip Sealing in MFT. *Int J Orofacial Myology.* 2001;27:18-23.
- [41] SAVAGE M. Design and construction of an apparatus for measuring intraoral muscular forces. *Angle Orthod.* 1971;41:133-9.

- [42] SCHOPF P M. Druckbelastung der Schneidezähne bei Dysfunktionen der mimischen Muskulatur. *Fortschr Kieferorthop.* 1972;33:187-203.
- [43] SCHOPF P. Konstruktion einer Meßsonde zur Registrierung des Zungen und Lippendrucks. *Fortschr Kieferorthop.* 1971;32:25-38.
- [44] SCHULZ J H. Psyche und Parafunktionen. *Dtsch zahnärztl Z.* 1961;16:1459.
- [45] SHELLHART W. Lip adaptation to simulated dental arch expansion Part 1: Reliability and precision of two lip pressure measurement mechanisms. *Angle Orthod* 1996;66:249-54.
- [46] SOBOTTA J. Kopf,Caput und Hals,Collum. In: PUTZ R, PAPST R, eds. *Atlas der Anatomie des Menschen Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität.* München-Jena: Urban und Fischer, 2000:75.
- [47] SOBOTTA J. Kopf,Caput und Hals,Collum. In: PUTZ R, PAPST R, eds. *Atlas der Anatomie des Menschen Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität.* München-Jena: Urban und Fischer, 2000:91.
- [48] SOBOTTA J. Kopf,Caput und Hals,Collum. In: PUTZ R, PAPST R, eds. *Atlas der Anatomie des Menschen Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität.* München-Jena: Urban und Fischer, 2000:95.
- [49] SOBOTTA J. Kopf,Caput und Hals,Collum. In: PUTZ R, PAPST R, eds. *Atlas der Anatomie des Menschen Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität.* München-Jena: Urban und Fischer, 2000:107.
- [50] SOBOTTA J. Kopf,Caput und Hals,Collum. In: PUTZ R, PAPST R, eds. *Atlas der Anatomie des Menschen Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität.* München-Jena: Urban und Fischer, 2000:108.
- [51] SOBOTTA J. Kopf,Caput und Hals,Collum. In: PUTZ R, PAPST R, eds. *Atlas der Anatomie des Menschen Band 1 Kopf, Hals, obere Extremität.* München-Jena: Urban und Fischer, 2000:136.
- [52] SOO N, MOORE R. A technique for measurement of intraoral lip pressures with lip bumper therapy. *Am J Orthod.* 1991;99:409-17.
- [53] STRICKER G. Psychological aspects of craniofacial disfigurement. *Am J Orthod.* 1979;76:410-422.
- [54] TALLGREN A. Effects of a myofunctional appliance on orofacial muscle activity and structures. *Angle Orthod.* 1998;68:249-58.

- [55] THIELE E. Myofunktionelle Therapie in der Anwendung. Heidelberg: Hüthing Buch Verlag; 1992.
- [56] THIELE E, CLAUSNITZER R, CLAUSNITZER V. Myofunktionelle Therapie aus sprachwissenschaftlicher und kieferorthopädischer Sicht. Heidelberg: Hüthing Buch Verlag, 1992.
- [57] THOMES CS. The bearing of the development of jaws on irregularities. Dental Cosmos. 1873;15:292-6.
- [58] THÜER U, INGERVALL B. Application in children of a new method for the measurement of forces from the lips on the teeth. Eur J Orthod. 1985;7:63-78.
- [59] THÜER U, INGERVALL B. Pressure from the lips on the teeth and malocclusion. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1986;90:234-42.
- [60] TOSELLO DO. EMG activity of the orbicularis oris and mentalis muscle in children with malocclusion, incompetent lips and atypical swallowing-Part II. J oral Reh. 1999;26:644-9.
- [61] YAMAGUCHI K, MORIOMOTO Y. Morphological differences in individuals with lip competence and incompetence based on electromyographic diagnosis. J Oral Reh. 2000;27:893-901.
- [62] YATA R, MOTEGI E, UEDA K, TORIKAI T, HARAZAKI M, ISSHIKI Y. A lip seal study of japanese children with malocclusion. Bull Tokyo dent Coll. 2001;42:73-8.
- [63] ZÖFEL P. Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung. München: Addison-Wesley, 2002.

## **8. Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich Frau Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer für die Möglichkeit der Promotion innerhalb der kieferorthopädischen Abteilung des Universitätsklinikums Münster danken, sowie für die freundliche Unterstützung und die zur Verfügungstellung des umfangreichen Datenpools.

Für die unentbehrlichen Ratschläge, die zahlreichen Anregungen, Ideen und die kritischen Korrekturen der Arbeit, sowie für die Unterstützung im statistischen Bereich danke ich Herrn OA Dr. med. dent. K.-L. Mischke. Er stand mir mit Geduld und hilfreichem Rat zur Seite.

Weiterhin gilt mein besonderer Dank meiner Familie, meinen Eltern und Grosseltern. Durch Ihre Liebe, Unterstützung und vor allem Geduld während des Studiums und der Promotion blicke ich mit Freude auf die vergangenen Jahre zurück.

## **9. Lebenslauf**

### **A. Persönliche Daten**

**Name:** Joanette

**Vorname:** Andra Daniela

**Wohnort:** Münster

**Geburtsort:** Klausenburg

**Geburtsdatum:** 18.12.1977

**Staatsangehörigkeit:** deutsch

**Familienstand:** ledig

**Eltern:** Dr. med. H. Joanette  
Anca Joanette

### **B. Ausbildung**

**1981-1985** Besuch der Grundschule in Löningen

**1985-1987** Besuch der Orientierungsstufe in Löningen

**1987-1997** Besuch des Gymnasiums in Arnsberg

**1997-2003** Studium der Zahnmedizin an der WWU Münster

**2003** Staatsexamen

### **C. Beruf**

**seit 08.07.2003** Zahnärztin

**01.01.04** Assistenz Zahnärztin bei Dr. med. dent. R.-S. Kirchner  
in Münster

Münster, den 14.07.2005



**Anhang****Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Prof. R. Fränkel.....	2
Abbildung 2: Gesichtsmuskeln (Musculi faciales) [46].....	4
Abbildung 3: Nasenhöhle (Cavitas nasi) [47].....	5
Abbildung 4: Mundhöhle (Cavitas oris) [48],[49].....	5
Abbildung 5: Muskeln der Mundgegend (Regio oralis) [48].....	6
Abbildung 6: Zunge (Dorsum linguae) [50].....	6
Abbildung 7: Rachen (Pharynx) [51].....	7
Abbildung 8: Messung der perioralen Muskelkräfte mit dem Myoscanner [6].....	9
Abbildung 9: Myoscannermessung, Lippenpresskraft [6].....	10
Abbildung 10: Pommeter [59].....	11
Abbildung 11: Messung der Lippenkraft mit dem Pommeter [59].....	11
Abbildung 12: Messung der Lippenkraft mit dem Y-Meter [22].....	12
Abbildung 13: Normaler Überbiss [32].....	34
Abbildung 14: Tiefer Biss [32].....	34
Abbildung 15: Frontaler Tiefbiss [32].....	34
Abbildung 16: Angle Klasse I [31].....	35
Abbildung 17: Angle Klasse II [31].....	36
Abbildung 18: Angle Klasse III [31].....	37
Abbildung 19: Gesamtes Probandenkollektiv.....	39
Abbildung 20: Gruppe der 9-jährigen Probanden.....	40
Abbildung 21: Gruppe der 7- und 10-jährigen Probanden.....	41
Abbildung 22: Federwaage zur Lippenkraftmessung.....	42
Abbildung 23: Messung der maximalen, perioralen Muskelkraft mit der Federwaage.....	42
Abbildung 24: Probandenselektion bezüglich KFO-Behandlung.....	46
Abbildung 25: Querschnittsuntersuchung bei 9-Jährigen.....	48
Abbildung 26: Longitudinaluntersuchung bei 7- und 10-Jährigen.....	49
Abbildung 27: 9-Jährige - Angle Klassen-Verteilung.....	50
Abbildung 28: 9-Jährige - Angle Klassen (seitengleich) mit Geschlechterverteilung.....	51
Abbildung 29: 9-Jährige - Angle Klassen mit und ohne KFO-Behandlung.....	52
Abbildung 30: 9-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss mit Geschlechterverteilung.....	53
Abbildung 31: 9-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss mit und ohne KFO-Behandlung.....	54
Abbildung 32: 7- und 10-Jährige - Angle Klassen.....	55
Abbildung 33: Identische Angle Klassen mit 7 und 10 Jahren (mit/ohne KFO).....	56
Abbildung 34: 7- und 10-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss.....	57
Abbildung 35: 7- und 10-Jährige - Tiefbiss/kein Tiefbiss (mit/ohne KFO).....	58
Abbildung 36: 9-Jährige - Probandenselektion (mit/ohne KFO).....	60
Abbildung 37: 9-Jährige - Mittelwertvergleiche.....	63
Abbildung 38: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige.....	65
Abbildung 39: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige (Angle Klassen).....	67
Abbildung 40: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige (Tiefbiss/kein Tiefbiss).....	68
Abbildung 41: 7- und 10-Jährige - Probandenselektion (mit/ohne KFO).....	70
Abbildung 42: 7- und 10-Jährige - Mittelwertvergleiche.....	75

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Statistische Signifikanzniveaus .....	44
Tabelle 2: Basisgruppen bei 9- Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	61
Tabelle 3: U-Tests nach Angle Klassen bei 9-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	61
Tabelle 4: U-Tests nach Tiefbiss bei 9-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung .....	62
Tabelle 5: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige.....	64
Tabelle 6: U-Test für 9-Jährige (Geschlechtervergleich).....	65

---

Tabelle 7: Mittelwertdarstellung für 9-Jährige (Angle Klassen).....	66
Tabelle 8: U- Test für 9-Jährige (Angle Klassen).....	67
Tabelle 9: Mittelwertdarstellung für 9- Jährige (Tiefbiss/kein Tiefbiss).....	68
Tabelle 10: Vergleich Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 9-Jährigen.....	69
Tabelle 11: Basisgruppen bei 7-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	71
Tabelle 12: Angle Klassen bei 7-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	72
Tabelle 13: Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 7-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	72
Tabelle 14: Basisgruppen bei 10-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	73
Tabelle 15: Angle Klassen bei 10-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	73
Tabelle 16: Tiefbiss/kein Tiefbiss bei 10-Jährigen mit und ohne KFO-Behandlung.....	74
Tabelle 17: Lippenkraft bei 7-jährigen Probanden.....	76
Tabelle 18: Lippenkraft bei 10-jährigen Probanden.....	76
Tabelle 19: Vergleich der Lippenkraft bei 7- und 10-Jährigen.....	77
Tabelle 20: Lippenkraft bei 7-jährigen Probanden nach Angle Klassen.....	78
Tabelle 21: Lippenkraft bei 10-jährigen Probanden nach Angle Klassen.....	78
Tabelle 22: Vergleich der Lippenkraft bei 7- und 10-Jährigen (Angle Klassen).....	79
Tabelle 23: Lippenkraft bei 7-jährigen Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss).....	80
Tabelle 24: Lippenkraft bei 10-jährigen Probanden (Tiefbiss/kein Tiefbiss).....	80
Tabelle 25: Vergleich der Lippenkraft bei 7- und 10-Jährigen (Tiefbiss/kein Tiefbiss).....	81