

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

**Transversale Entwicklung von Ober- und  
Unterkieferalveolarfortsätzen  
bei 7- bis 10-jährigen ostwestfälischen Schulkindern  
unter Berücksichtigung differenter Angle-Klassen**

**INAUGURAL - DISSERTATION**

**zur**

**Erlangung des doctor medicinae dentium**

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

**vorgelegt von**

**Rüsing, Maike Vanessa**

**aus Dortmund**

**2005**



**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Jürgens

**1. Berichterstatter:** Univ.-Prof. Dr. U. Ehmer

**2. Berichterstatter:** Priv.-Doz. Dr. U. Meyer

**Tag der mündlichen Prüfung:** 15.04.2005

---

**Aus dem Universitätsklinikum Münster**  
**Poliklinik für Kieferorthopädie**  
**- Direktorin: Univ.-Prof. Dr. U. Ehmer -**  
Referent: Univ.-Prof. Dr. U. Ehmer  
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. U. Meyer

### **ZUSAMMENFASSUNG**

#### **Transversale Entwicklung von Ober- und Unterkieferalveolarfortsätzen bei 7- bis 10-jährigen ostwestfälischen Schulkindern unter Berücksichtigung differenter Angle-Klassen**

Rüsing, Maike Vanessa

Ziel der Arbeit ist die Untersuchung der posterioren, transversalen Dimensionen von Ober- und Unterkieferalveolarfortsätzen bei sieben- bis zehnjährigen Schulkindern.

An 336 neunjährigen Kindern wurden im Rahmen einer Querschnittsstudie Unterschiede der transversalen Breiten bezüglich Geschlecht und Angle-Klassen untersucht.

Bei 169 Probanden konnten longitudinal wachstumsbedingte Differenzen der intermolaren Distanzen zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr analysiert werden. Iatrogene Einflüsse durch kieferorthopädische Behandlungen wurden in beiden Studien ausgeschlossen.

Bei männlichen 9-Jährigen ist sowohl der Ober- als auch der Unterkiefer mit 0,7 mm Differenz signifikant breiter als bei weiblichen Probanden. Die Oberkieferbreite ist bei Angle-Klasse II-Befunden um 0,9 mm signifikant kleiner als bei Angle-Klasse I. Im Unterkiefer sind keine Unterschiede zwischen Klasse I und II feststellbar. Im Verhältnis von Oberkiefer- zu Unterkieferbreite ist der Unterkiefer um durchschnittlich 1,3 mm zu breit, unabhängig von der befundeten Angle-Klasse. Intramaxillär entsprechen die Oberkieferbreiten in Bezug zu den Frontzahnweiten (Breitensummen der Inzisivi) exakt den transversalen Sollwerten nach SCHMUTH, während diese Sollwerte für die Unterkieferbreite der eigenen Probanden um 1,2 mm zu klein waren.

Die posteriore Oberkieferbreite nimmt vom 7. bis zum 10. Lebensjahr um 1,5 mm von 44,6 mm auf 46,1 mm signifikant zu. Im Unterkiefer erhöht sich die Breite ebenfalls signifikant von 46,1 mm auf 47,4 mm. Die Differenz zwischen Ober- und Unterkieferbreite nimmt bei Jungen von -1,7 mm auf -1,3 mm signifikant ab, d.h. das Breitenverhältnis der Zahnbögen wird harmonischer. Bei Mädchen bleibt das Breitenverhältnis zwischen dem 7.-10. Lebensjahr unverändert.

Tag der mündlichen Prüfung: 15.04.2005.

Für meine Familie

## **Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Zielsetzung.....	1
1.2 Wachstumsprozesse des Mittelgesichts.....	2
1.2.1 Allgemeine Wachstumsprozesse.....	2
1.2.2 Wachstumsprozesse der Maxilla.....	7
1.2.3 Wachstumsprozesse der Mandibula.....	9
1.2.4 Wachstumsprozesse der Alveolarfortsätze.....	12
1.3 Kieferorthopädische Modellanalyse.....	15
1.3.1 Messung der Breitensummen der Inzisivi (BSI).....	18
1.3.2 Transversale Zahnbogenvermessung.....	20
1.3.3 Angle-Klassifizierung.....	22
1.3.3.1 Angle-Klasse I.....	23
1.3.3.1 Angle-Klasse II.....	24
1.3.3.3 Angle-Klasse III.....	25
<b>2. Material und Methode.....</b>	<b>26</b>
2.1 Probandengut.....	26
2.2 Modellherstellung.....	29
2.3 Modellanalyseverfahren.....	30
2.3.1 Vermessen einer transversalen Kalibrierungsstrecke.....	30
2.3.2 Fotografieren der Modellaufsichten.....	31
2.3.3 Elektronisches Datenmanagement.....	33
2.3.4 Modellanalyse.....	35
2.3.4.1 Elektronische Modellanalyse.....	35
2.3.4.2 Manuell visuelle Modellanalyse.....	37
2.3.4.3 Untersuchungsvariablen.....	37
2.4 Statistische Vorgehensweise.....	38
2.4.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen.....	39
2.4.2 Querschnittsuntersuchung bei 9-jährigen Probanden.....	41
2.4.3 Longitudinaluntersuchung bei 7- und 10-jährigen Probanden.....	43
<b>3. Ergebnisse.....</b>	<b>45</b>
3.1 Detaillierte Darstellung des Probandenguts.....	45
3.1.1 Probandengut der longitudinalen Auswertung (7- und 10-Jährige).....	47
3.2 Querschnittsuntersuchungen bei 9-jährigen Probanden.....	52
3.2.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen.....	52
3.2.1.1 Normalverteilungstests (Kolmogorov Smirnov Tests).....	53
3.2.1.2 Vergleich zwischen behandelten und nicht behandelten Probanden.....	56
3.2.2 Maxilläre und mandibuläre transversale Breiten.....	62
3.2.2.1 Darstellung der Mittelwerte.....	62
3.2.2.2 Geschlechtervergleich.....	69
3.2.2.3 Angle-Klassen-Vergleiche.....	70
3.2.3 Intermaxilläre Harmonie zwischen Ober- und Unterkieferbreite.....	70
3.2.3.1 Darstellung der Mittelwerte.....	71
3.2.3.2 Geschlechtervergleich.....	74
3.2.3.3 Angle-Klassen-Vergleiche.....	74

---

3.2.4 Relation zwischen Schneidezahn- und Zahnbogenbreiten .....	75
3.2.4.1 Darstellung der Mittelwerte.....	75
3.2.4.2 Geschlechtervergleich.....	80
3.2.4.3 Angle-Klassen-Vergleiche.....	80
3.3 Longitudinale Auswertung bei 7- und 10-jährigen Probanden.....	81
3.3.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen.....	82
3.3.1.1 Normalverteilungstests (Kolmogorov Smirnov Tests).....	82
3.3.1.2 Vergleich zwischen behandelten und nicht behandelten Probanden.....	85
3.3.2 Maxilläre und mandibuläre transversale Breiten.....	89
3.3.2.1 Darstellung der Mittelwerte.....	89
3.3.2.2 Gesamtgruppen- und Geschlechtervergleich.....	94
3.3.3 Intermaxilläre Harmonie zwischen maxillärer und mandibulärer Breite.....	96
3.3.3.1 Darstellung der Mittelwerte.....	96
3.3.3.2 Gesamtgruppen- und Geschlechtervergleich.....	98
<b>4. Diskussion.....</b>	<b>101</b>
4.1 Querschnittsuntersuchungen bei 9 -jährigen Probanden.....	102
4.1.1 Maxilläre und mandibuläre intermolare Distanzen bei 9-Jährigen.....	102
4.1.1.1 Intermolare Distanzen unter Berücksichtigung der Klasse II.....	105
4.1.2 Intermaxilläre Harmonien bei 9-Jährigen.....	107
4.1.3 Relationen zwischen Schneidezahn- und Zahnbogenbreiten bei 9-Jährigen.....	110
4.2 Longitudinaluntersuchungen bei 7- und 10-jährigen Probanden.....	113
4.2.1 Entwicklung der transversalen intermolaren Distanzen.....	113
4.2.2 Entwicklung der intermaxillären Harmonie.....	117
<b>5. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>118</b>
<b>6. Danksagung.....</b>	<b>124</b>
<b>7. Lebenslauf.....</b>	<b>125</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>1</b>



## 1. Einleitung

### 1.1 Zielsetzung

In der vorliegenden Arbeit werden die durchschnittlichen posterioren transversalen Breiten der Ober- bzw. Unterkieferzahnbögen bei Schulkindern in der Wechselgebissphase zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr ermittelt, sowie wachstumsbedingte Veränderungen der intermolaren Breite in diesem Zeitraum untersucht, wobei geschlechtsspezifische Unterschiede ermittelt werden und eine Differenzierung nach der Angle-Klassifikation durchgeführt wird.

Im Rahmen einer Querschnittsanalyse werden die Messergebnisse 9-jähriger Jungen und Mädchen gegenübergestellt, sowie die differenten Angle-Klassen miteinander verglichen. Neben der Darstellungen von Mittelwerten, soll primär die Hypothese einer transversalen Unterentwicklung im Oberkiefer bei bestehender Angle-Klasse II überprüft werden, welche klinisch häufig zu sehen ist.

Die Untersuchung der posterioren transversalen Breiten der Ober- und Unterkieferzahnbögen beinhaltet die Vermessung der *'Intermolaren Distanz'* anhand bestimmter Referenzpunkte an den 6-Jahr-Molaren. Weiterhin wird die Oberkieferbreite zur Unterkieferbreite in Relation gesetzt und als *'Intermaxilläre Harmonie'* bezeichnet. Schließlich sollen die Verhältnisse zwischen Schneidezahn- und Zahnbogenbreiten anhand bekannter Normwerten näher betrachtet werden (*'Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten'*).

Die zweite Säule der vorliegenden Arbeit bildet die longitudinale Betrachtung der Modellanalysen bei 7- und 10-jährigen Probanden. Hier sollen eventuell bestehende Veränderungen durch Vergleiche der posterioren transversalen Zahnbogendimensionen (*'Intermolaren Distanz'*) in den unterschiedlichen Altersstadien aufgedeckt sowie geschlechtsspezifische Besonderheiten herausgearbeitet werden. Dabei wird auf die Analyse "gepaarter Stichproben" Wert gelegt, d.h. der Vergleich wird an denselben Individuen im Alter von sieben und zehn Jahren durchgeführt. Das Verhältnis von Oberkiefer- zu Unterkieferbreite (*'Intermaxilläre Harmonie'*) wird ebenfalls im zeitlichen Verlauf von drei Jahren auf signifikante Unterschiede untersucht.

## **1.2 Wachstumsprozesse des Mittelgesichts**

### ***1.2.1 Allgemeine Wachstumsprozesse***

Differente Wachstumsvorgänge nehmen in der Ätiologie von Zahnstellungs- und Bisslageanomalien sowie in deren erfolgreicher Behandlung eine zentrale Rolle ein. Erblich determinierte Wachstumspotenziale und -reaktionen können den Kieferorthopäden in seinem Therapievorhaben unterstützen oder aber auch einschränken [24],[55].

Da das kraniofaziale Wachstum kein linearer Vorgang ist, der von Punkt A zu Punkt B verläuft, ist eine Wachstumsprognose bereits vor Behandlungsbeginn ein schwieriges Unterfangen. Vielmehr beruht die kraniofaziale Entwicklung auf unterschiedlichen Wachstumsarten, die zu unterschiedlichen Zeiten mit verschiedener Intensität und mit unterschiedlicher Richtung aktiv werden [24].

Basierend auf Untersuchungen von ENLOW [17] haben eine Vielzahl von Autoren die Schädelentwicklung in ihren eigenen Worten beschrieben. Im Folgenden werden die Grundlagen des kranialen Wachstumsverhaltens erörtert.

RAKOSI und JONAS [52] nennen in Anlehnung an ENLOW drei Wachstumsmechanismen, auf denen das Wachstum respektive die kraniofaziale Entwicklung beruht:

1. Größenzunahme (Apposition und Resorption)
2. Knochenumbau (Remodellierung) und
3. Knochenverlagerung (Displacement).

Knochen wächst, indem Appositions- und Resorptionsvorgänge parallel zueinander ablaufen (Abbildung 1).

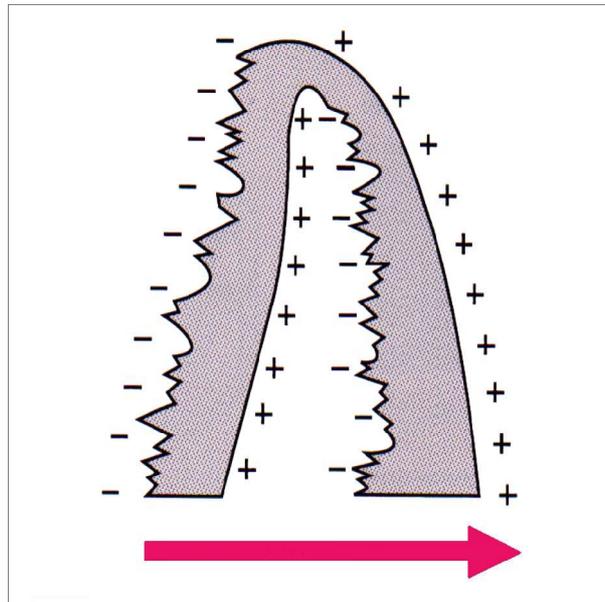


Abbildung 1: Knochenwachstum durch Apposition (+) und Resorption (-)  
(Korkaldrift) [52]

Dieses führt bei Überwiegen der Apposition nicht nur zu einer Größenzunahme des Knochens, sondern auch zu einer Knochenverschiebung, die nach ENLOW [17] im Bereich von so genannten Wachstumszentren, also Synchronosen, Suturen und Kondylen einen so genannten **Drift** bewirken.

Aufgrund von Appositionsprozessen an bereits bestehenden Knochenanteilen kommt es zu einer Lageveränderung bestimmter Strukturen, der **Relokation**. Dieser Wachstumsprozess verläuft physiologischerweise harmonisch und proportional und wird von Umbauvorgängen begleitet, dem so genannten **Remodelling**, das auf der funktionellen Anpassung des Knochens an die physiologischen Belastungssituation der Weichgewebe basiert [24],[27],[52],[60].

ENLOW [17] beschreibt die Schädelbasis als Entwicklungsschablone, die das Wachstum vieler Gesichtsstrukturen bestimmt. So soll die Konfiguration des Oberkieferzahnbogens von den Frontallappen des Gehirns über die vordere Schädelgrube, den nasomaxillären Komplex und den harten Gaumen festgelegt werden.

Er unterscheidet zwei große Typen von Wachstumsbewegungen:

Remodelling und Displacement.

I. Remodelling: umfasst den Umbau des Knochens durch Apposition und Resorption und findet an allen inneren und äußeren Knochenoberflächen statt.

Es vereint folgende Ziele (Abbildung 2):

- Gesamtvergrößerung, durch appositionelles Wachstum (Knochenanlagerung) in Wachstumsrichtung und Resorptionsvorgänge an der Gegenseite (Knochenabbau)  
Beispiel: harter Gaumen.
- Veränderung der Wachstumsfelder, um Formgebung und Feinabstimmung des Knochens zu ermöglichen.
- Relokation, d.h. eine Lageveränderung der ursprünglichen Form im Raum.
- Exakte Abstimmung und Harmonisierung angrenzender Knochen und Weichgewebsstrukturen, die nur durch Interaktion aller beteiligten Gewebe ermöglicht wird.
- Adaptation des Knochens an innere und äußere Begebenheiten, ohne Einschränkung der eigenen Funktion.

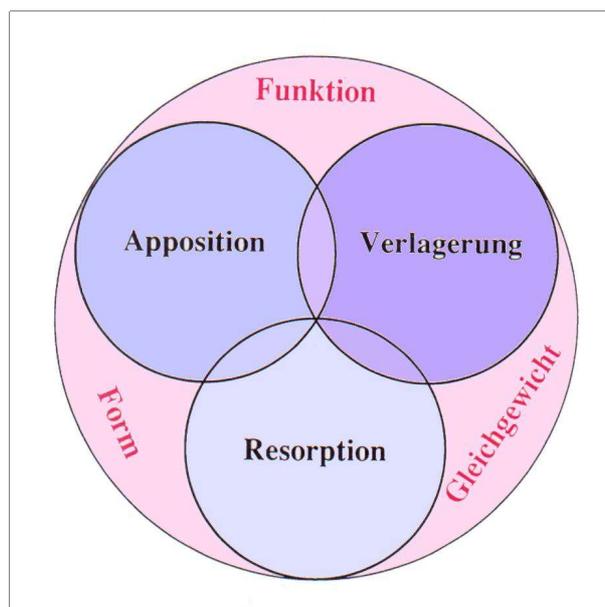


Abbildung 2: Die Einheit der Umbauvorgänge im Wachstum [24]

## II. Displacement (Verlagerung):

### ***Primäres Displacement:***

Umfasst die Gesamtverschiebung (*in-toto-Bewegung*) des ganzen Knochens durch eigene Appositions- bzw. Resorptionsvorgänge.

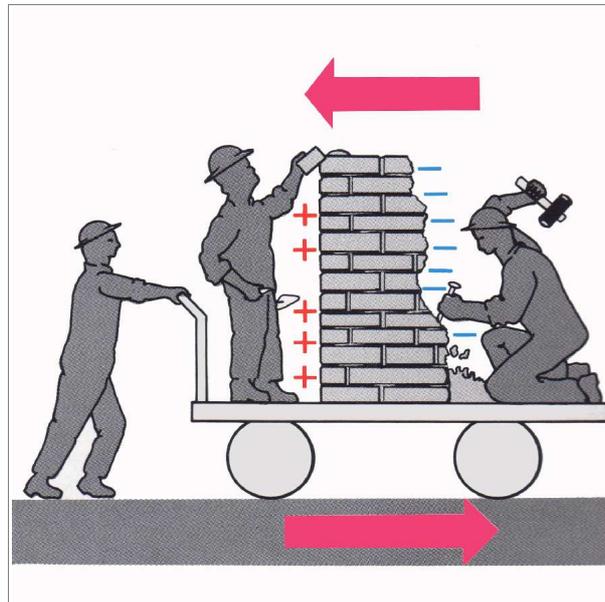


Abbildung 3: Primäres Displacement [52]

***Sekundäres Displacement:***

Das sekundäre Displacement beruht auf der Expansion nicht direkt benachbarter Strukturen. Dimensionsvergrößerung der mittleren Schädelgrube bewirkt ventrokaudal Verlagerung des nasomaxillären Komplexes.

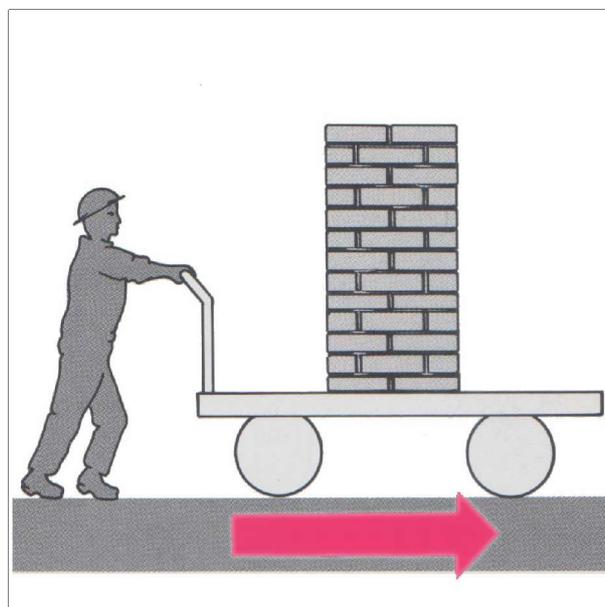


Abbildung 4: Sekundäres Displacement [52]

Andere Autoren sprechen hier von aktivem und sekundärem Displacement. Nach SCHULZE [62] handelt es sich bei dem **Remodelling** um eine Verlagerung der Einzelele-

mente gegeneinander. Durch Wachstum und Vergrößerung der umgebenden Weichgewebe werden die Knochen auseinandergezogen und Verbindungsstellen getrennt. In den entstandenen Zwischenraum hinein kann nun der Knochen „remodelliert“ werden.

Nach ENLOW [17] zeigt das Zusammenspiel dieser Mechanismen, dass es sich um „...komplementäre, einander begleitende Prozesse ...“ handelt „... die miteinander in morphogener Koordination ablaufen...“ und unter der Kontrolle eines intrinsischen Systems stehen [52].

Die oben beschriebenen Wachstumsvorgänge dürfen also nicht isoliert voneinander betrachtet werden, sondern sollten als parallel verlaufende und ineinander greifende Prozesse verstanden werden (Abbildung 2, Seite 4).

Im Folgenden wird ein kurzer Überblick über das postnatale Schädelwachstum gegeben: Nach SCHULZE [62] und HARZER [24] ist zum Zeitpunkt der Geburt das Neurokranium im Verhältnis 8:1 größer als das Viscerokranium. Angetrieben durch die sich entwickelnden Milchzähne segmentieren sich die Alveolarfortsätze und es finden starke Knochenappositionsvorgänge statt [40]. Die Suturen, sowie die Symphyse des Unterkiefers sind noch geöffnet und die Kieferwinkelgröße beträgt im Durchschnitt  $140^\circ$  (unterliegt aber nach R.R. MIETHKE [40] Schwankungen um  $123^\circ$ - $146^\circ$ ). Die maxilläre Breite des Neugeborenen liegt durchschnittlich bei 32 mm. Im Verlauf des 1. Lebensjahres verbreitert und verlängert sich das Viscerokranium deutlich, jedoch ohne starke Veränderung des Größenverhältnisses zwischen Neuro- und Viscerokranium. Etwa im 4. Lebensjahr, das Kind hat im Durchschnitt 20 cm an Körpergröße dazugewonnen, hat sich das Viscerokranium vor allem in vertikaler Richtung ausgedehnt und ist insgesamt schneller gewachsen als das Neurokranium. Nach Abschluss der Wechselgebissperiode, um das 9. Lebensjahr ist nur noch ein sehr geringes Breitenwachstum zu verzeichnen.

SANDER [54] beschreibt zum Zeitpunkt des Zahnwechsels im 7. Lebensjahr, trotz des Wachstums des Viscerokraniums in Länge, Tiefe und Breite, dass im Bereich der Zahnbögen kaum Veränderungen zu verzeichnen sind. Mit ca. 8 Jahren ist das Wachstum des Neurokraniums fast abgeschlossen. In der Zeit des 9. Lebensjahres, also nach der 1. Wechselgebissperiode sind die Zahnbogenbreiten und -längen vorangeschritten. In der Zeitspanne vom 6.-18. Lebensjahr nimmt der Intermolarenabstand um ca. 3 mm zu [24].

Das Gesichtsschädelwachstum unterliegt einem besonderen Wachstumsmechanismus, dem periostalen und endostalen Wachstum, das für die stärkere Vertikalentwicklung im Gegensatz zur geringen Verbreiterung verantwortlich ist [24]. So lässt sich eine Rangfolge des Wachstumsverhaltens festlegen: Vertikal- → Längen- (anteroposterior) → Breitenwachstum [40].

L.J. BAUME [62] belegte als erster Autor, dass zwischen dem Ende der 1. und dem Beginn der 2. Dentition unter normalen Verhältnissen keine bzw. nur sehr geringe Breiten- und Längenveränderungen im Zahnbogen stattfinden. Und das obwohl gerade in diesem Zeitraum ein erhebliches Körperwachstum (durchschnittlich ca. 20 cm) und eine starke Veränderung des Schädels vollzogen wird. Er widerlegte die vorherrschende Meinung, dass eine als „Reifezeichen“ bezeichnete Breitenzunahme der Zahnbögen und des Gesamtkiefers im Verlauf des 3.-6. Lebensjahres stattfindet. Zudem verdeutlichte er den eigenständigen Charakter der Gebissentwicklung.

### ***1.2.2 Wachstumsprozesse der Maxilla***

Die Maxilla vergrößert sich zunächst vor allem durch Wachstum an den Suturen und der vertikalen Verlängerung des Alveolarfortsatzes im Zuge der primären Dentition, in dorso-kraniale Richtung [24],[59],[60].

RAKOSI und JONAS [52] beschreiben die posteriore Wand des Tuber maxillae aufgrund von Appositionsvorgängen als eine *sehr wachstumsaktive Zone* [24] aus der eine Verlängerung des Oberkieferzahnbogens resultiert. Die zeitgleiche Resorption an der inneren Tuberfläche ermöglicht die Drift der Kortikalis nach dorsal und hat die Vergrößerung des Sinus maxillaris zur Folge (Abbildung 5).

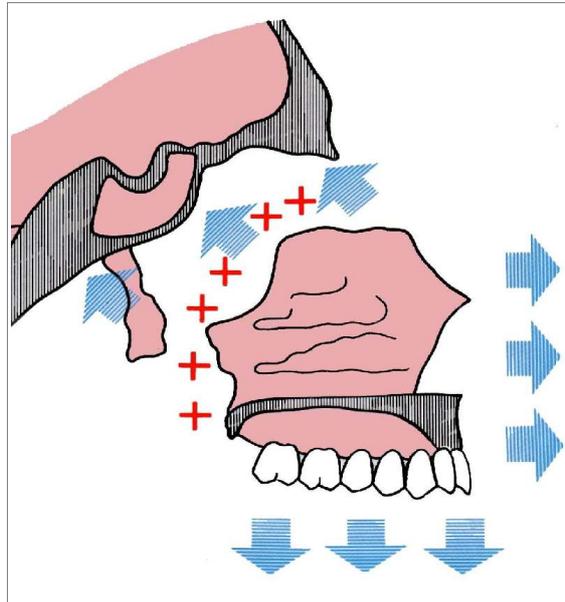


Abbildung 5: Primäres Displacement des nasomaxillären Komplexes [52]

Diese Wachstumsbewegung ist an ein primäres Displacement gekoppelt, in dessen Rahmen die Maxilla nach ventro-kaudal verlagert wird. Unterstützt wird diese nach ventral gerichtete aktive Lageveränderung durch eine Größenzunahme der Fossa cranii media die zu einer zusätzlichen passiven Ventralverlagerung der Maxilla im Raum führt (sekundäres Displacement, Abbildung 6) [24],[27],[52].

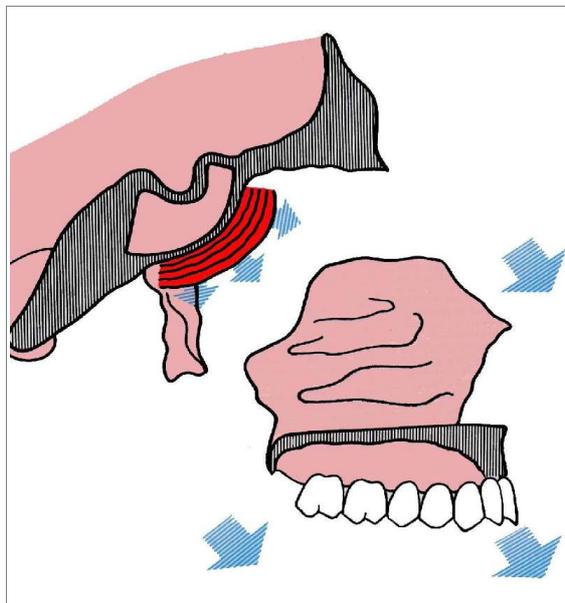


Abbildung 6: Sekundäres Displacement des nasomaxillären Komplexes [52]

Der Alveolarfortsatz wächst durch Apposition in kaudaler (um ca. 0,3 mm pro Jahr [27], [40]) und zentrifugaler Richtung und in geringerem Ausmaß im Bereich der Sutura

palatina media in der Transversalen [24].

Im Bereich des A-Punktes (tiefste Einziehung an der ventralen Begrenzung des Oberkiefers im Fernröntgenseitenbild) befindet sich ein Wendepunkt, auch *reversal-line* genannt, an dem die Appositionsvorgänge nach kaudal in Resorptionsvorgänge wechseln (Abbildung 7) [40].

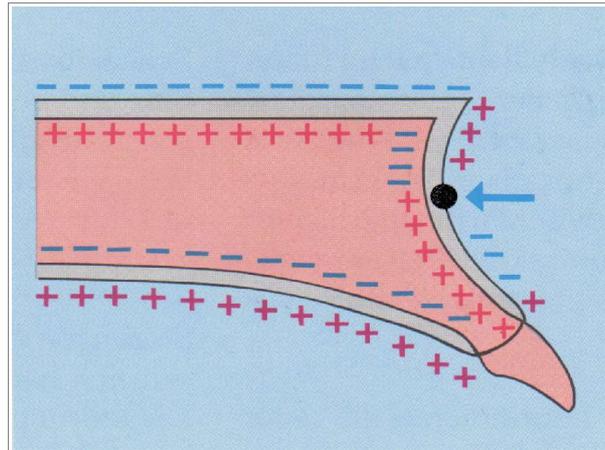


Abbildung 7: Umkehrpunkt von Appositions- und Resorptionsprozessen [52]

Dieses Charakteristikum bewirkt die Verlagerung der Spina nasalis anterior und des A-Punktes nach dorsokaudal [40]. Etwa um das 4. Lebensjahr kommt es zum endgültigen Schluss der zahlreichen maxillären Suturen, diese stellen dann keinen aktiven Wachstumsbeitrag mehr dar [27].

### 1.2.3 Wachstumsprozesse der Mandibula

Die Mandibula hingegen zeigt aufgrund der frühzeitigen Verknöcherung der Symphyse (aus der Synarthrose wird eine Synostose [27]) im 1. Lebensjahr kein suturales Wachstum, sondern nimmt vor allem durch kondyläres, aber auch durch mäßigeres appositionelles Wachstum an Größe zu [60].

Nach SCHNEIDER [59] beruht das Unterkieferwachstum zum einen auf einem durch die Zähne stimulierten Wachstumsreiz, zum anderen auf ein genetisch bedingtes Basiswachstum und z.B. im Falle von Dysplasien auf Muskelreizen.

HARZER [24] beschreibt für die Wachstumsintensität, gemessen als jährliche Zuwachsrate der Mandibula, einen abnehmenden Verlauf bis zum 4. Lebensjahr und spricht bei dem leichten Anstieg der Wachstumskurve zwischen dem 6. und 8. Lebensjahr vom *sogenannten juvenilen Wachstumsspurt*, der im Anschluß in die präpubertäre Wachstumsverlangsamung mündet (Abbildung 8).

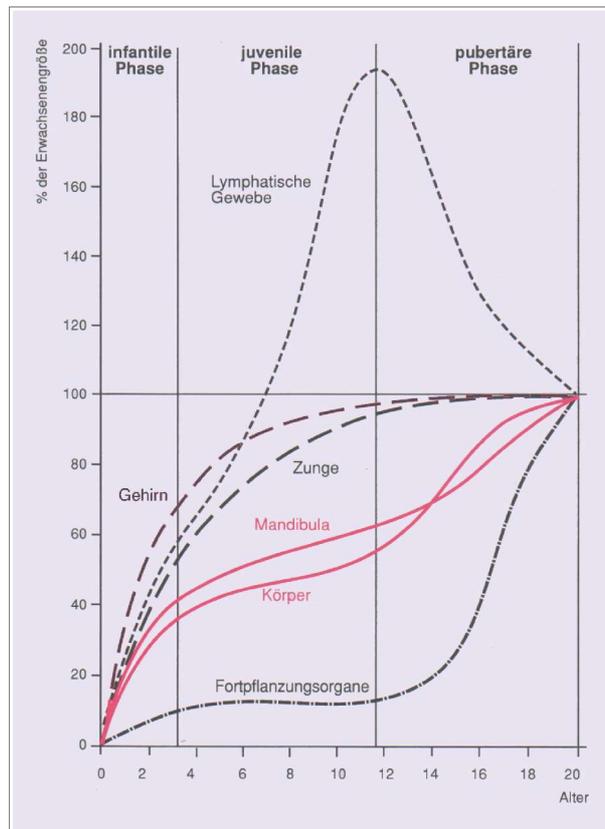


Abbildung 8: Wachstumsverlauf unterschiedlicher Organe und Gewebe:  
Vergleich Mandibula/Körper [24]

Zum Zeitpunkt der Geburt zeichnet sich der Unterkiefer durch seine kurzen, breiten Rami und den großen, offenen Kieferwinkel aus [40]. Wie bereits oben beschrieben beträgt dieser durchschnittlich  $140^\circ$  und unterliegt nach Untersuchungen von MIETHKE (1978) Schwankungen in einem Bereich von  $123^\circ$ - $146^\circ$ . Der Unterkiefer wächst postnatal erst durch allseitigen Knochenanbau und schließlich nur noch in dorso-kranialer Richtung [24] (Abbildung 9). Auch hier zeigt sich, dass die Breitenentwicklung hinter der Längenzunahme zurückbleibt. In der ersten Wechselgebissperiode erfahren die Kieferbögen eine geringe Breitenzunahme von durchschnittlich 2 bis 3 mm, wohingegen ein Längenwachstum von ca. 10 bis 12 mm zu verzeichnen ist, welches die Voraus-

setzungen für den Durchbruch der zweiten Molaren schafft – die Bildung der Molarenfelder [40]. Die Verknöcherung der Synarthrose in eine Synostose bereits im ersten Lebensjahr hat keinen Einfluss auf die weitere Breitenentwicklung der Mandibula [27].

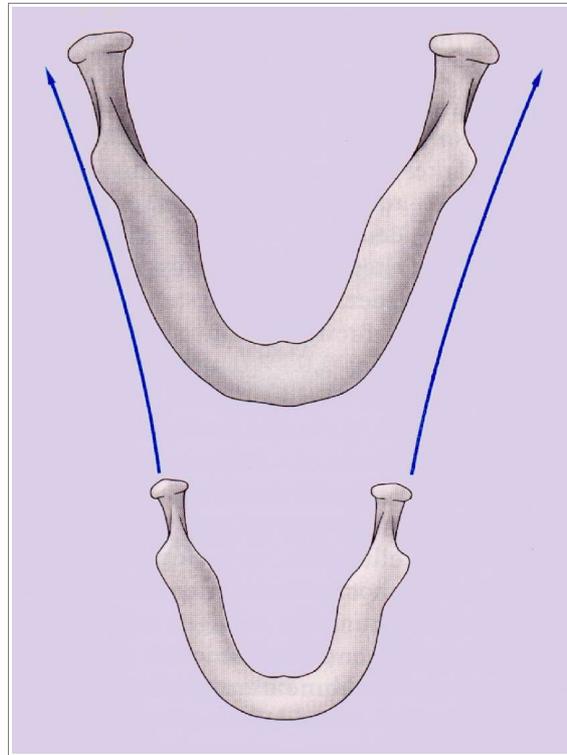


Abbildung 9: Wachstum des Unterkiefers [52]

RAKOSI und JONAS [52] erklären nach ENLOW [17] den Oberkieferbogen zum *strukturellen Gegenpart* des Unterkiefers, der durch seine Vergrößerung das Ausmaß der Verlängerung des Corpus mandibulae bestimmt.

Während an der Vorderseite des aufsteigenden Astes im Rahmen des Remodellings Resorptionsvorgänge (blaue Pfeile) stattfinden und der Corpus mit Ramus ascendens und Kondylen durch Apposition (rote Pfeile) im posterioren Anteil nach dorsal wächst (Abbildung 10), wird der Unterkiefer in seiner Gesamtheit nach ventral verlagert (primäres Displacement). Das durch die Expansion der mittleren Schädelgrube hervorgerufene sekundäre Displacement bewirkt eine ventro-kaudale Lageveränderung der gesamten Mandibula, wobei „...der Ramus ascendens soweit nach posterior verlagert wird bis seine horizontale Ausdehnung der Fossa cranii media entspricht.“ [27],[52].

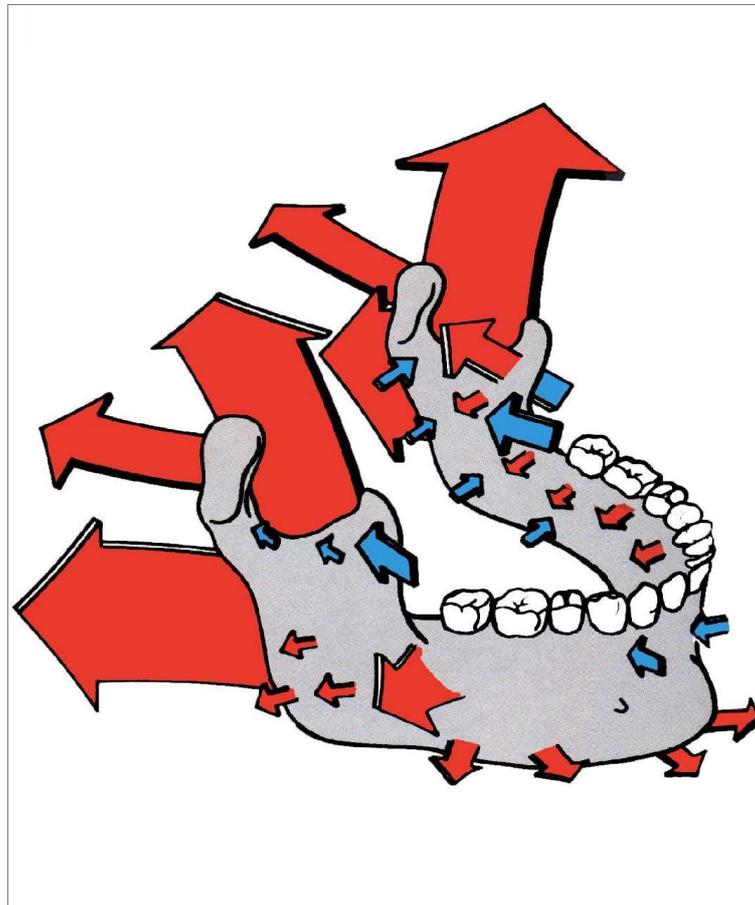


Abbildung 10: Unterkiefer-Wachstum nach ENLOW [52]

#### 1.2.4 Wachstumsprozesse der Alveolarfortsätze

Die transversale wie auch die sagittale Dimensionsänderung stehen in Abhängigkeit zur Diskontinuität des gesamten Körper- und Gesichtsschädelwachstums. Dieser Aspekt ist für die kieferorthopädische Behandlung von großer Bedeutung, da in Phasen maximaler Beschleunigung eine Wachstumsstimulation leichter und schneller möglich ist [24].

STÖCKLI ET AL. [24] beschreiben nach maximalem Breiten- und Längenwachstum während der ersten beiden Lebensjahre das Erreichen eines Plateaus (Wachstumsstagnation) bis zu einem Alter von 6 Jahren (Abbildung 8, Seite 10). Die intermolare Distanz nimmt danach vor allem im Oberkiefer, unterstützt durch die Sutura palatina media, noch bis zum 14. Lebensjahr zu. Im Laufe des 6.-18. Lebensjahres verbreitert sich der Intermolarenabstand insgesamt nur um ca. 3 mm.

Da die Schädelbasis als Schablone für die Wachstumsprozesse des Ober- und Unterkieferkomplexes angesehen werden kann [17], ist die Breite der Schädelbasis bereits zum Zeitpunkt der Geburt maßgeblich für die transversalen Ausmaße von Ober- und Unterkiefer. Somit sind der Breitenentwicklung der Mandibula relativ enge Grenzen gesetzt. Dieses beruht auf dem Aspekt, dass das Schädelbreitenwachstum bereits im Alter von 2-3 Jahren abgeschlossen ist [40].

Wie bereits oben erwähnt, dominiert auch am Unterkiefer das sagittale Wachstum. Daher kommt es in der ersten Wechselgebissperiode lediglich zu einer Breitenzunahme der Zahnbögen von durchschnittlich 2-3 mm und einem Zuwachs der Kieferbogenlänge von 10-12 mm. Das Phänomen des geringen Breitenwachstums besonders im Bereich des Tuber mandibulae (als Äquivalent zum Tuber maxillae [17]) wird durch einen fast konstanten Abstand der Processus condylares unterstützt [40].

Neben den maßgeblich prägenden Einflüssen der umgebenden Weichgewebe (Zunge, Lippen, Wange) [24] ist ein bestimmter Wachstumsmodus für die transversale Entwicklung der OK-UK-Alveolarfortsätze von zentraler Bedeutung: Das V-Prinzip (Abbildung 11).

Die Verlängerung (vertikale Expansion) der beiden V-Schenkel führt automatisch zu einer Vergrößerung der transversalen Breite (horizontale Expansion).

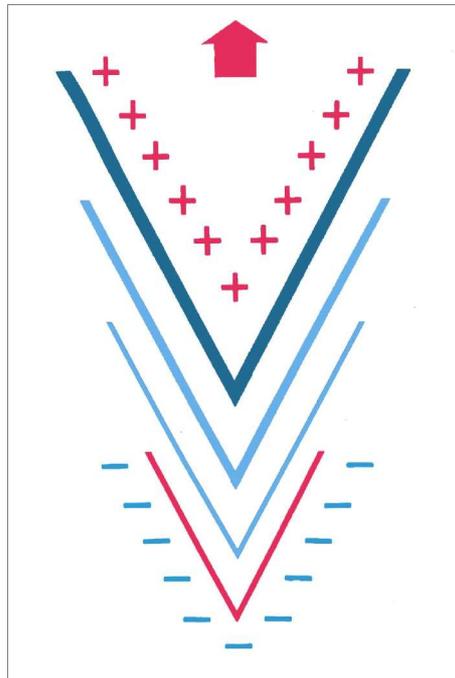


Abbildung 11: V-Prinzip [17]

Dieses Wachstumskonzept führt nicht nur zu einer Gesamtvergrößerung des Knochens sondern auch zu einer damit verbundenen Wachstumsbewegung.

Das V-Prinzip ist in folgend beschriebener Form für den Oberkiefer realisiert: Als Folge des vertikalen Wachstums des Alveolarfortsatzes kommt es nicht nur zu einer Höhenzunahme, sondern auch zu einer **Verbreiterung** des Zahnbogens [27].

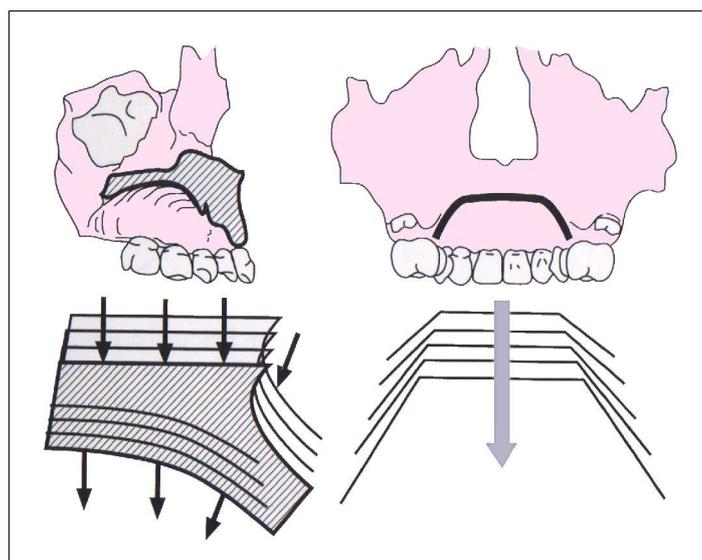


Abbildung 12: Wachstum des Oberkiefers nach ENLOW [24]

Zudem wird hierdurch die Durchbruchrichtung und Achsenstellung (von mediokraniel

nach laterokaudal) der Oberkieferzähne vorgegeben.

Für den Unterkiefer ist ebenfalls in Bezug auf seine transversale Entwicklung das V-Prinzip durch Längenzunahme und Divergenz der horizontalen Äste verwirklicht. Die transversale Entwicklung des Alveolarfortsatzes ist an seine Vertikalentwicklung gekoppelt. Der Wachstumsmechanismus des V-Prinzips wird durch die Divergenz der horizontalen Äste unterstützt. Die Rami driften in dorso-lateraler Richtung auseinander und der intermolare Abstand verbreitert sich [27],[60],[62] (Abbildung 13).

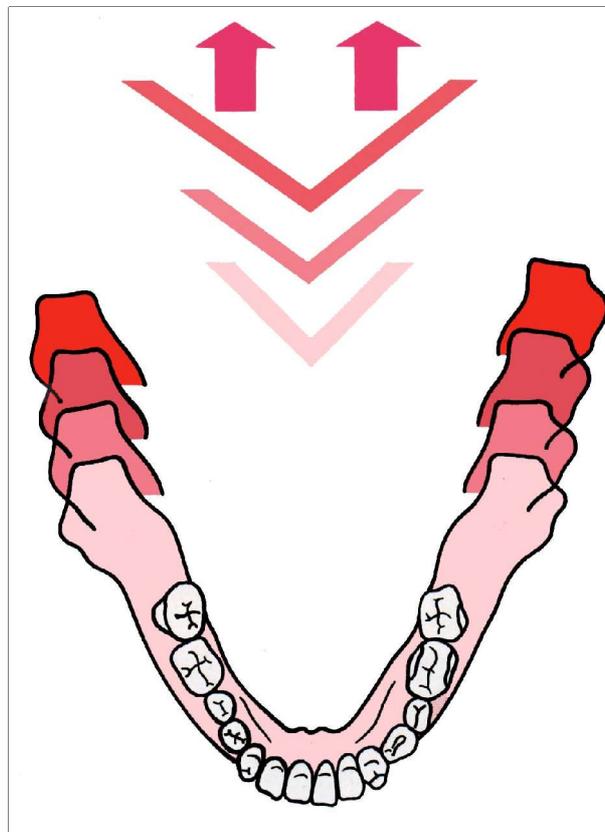


Abbildung 13: Wachstum des Unterkiefers nach ENLOW [52]

### 1.3 Kieferorthopädische Modellanalyse

Das Verfahren der Modellanalyse dient der Bestimmung transversaler, sagittaler und vertikaler Dimensionen von Ober- und Unterkiefer, sowie der Ermittlung von der Relationen zwischen Zahnbreiten und Zahnbogenbreite bzw. -länge. Mit Hilfe von Gipsmodellen können die Zahnbögen von Ober- und Unterkiefer sowie die Kieferlagebeziehungen in den drei Raumebenen (1. Raphe-Medianebene, 2. Tuber-

ebene, 3. Okklusionsebene) messtechnisch erfasst werden [18],[29],[32].

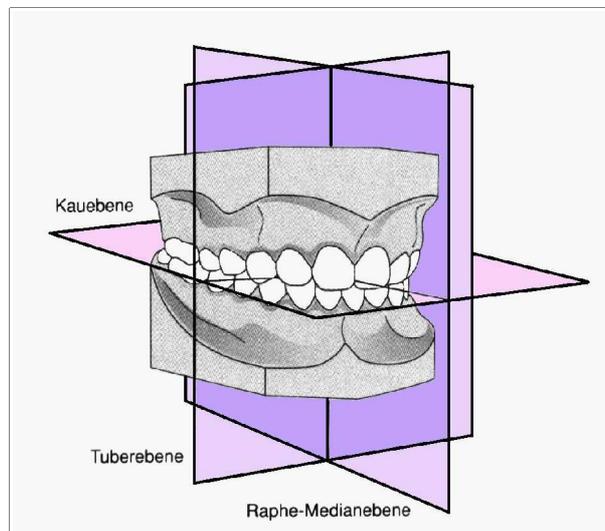


Abbildung 14: Gebissbezügliche Orientierungsebenen [53]

Eine Vielzahl von Autoren [14],[23],[28],[32],[56],[70] entwickelten sogenannte Zahnbogenindizes, um die Zahnbogenform, oder genauer: die Gesetzmäßigkeiten zwischen Zahnbogenbreite, -länge und mesiodistalem Kronendurchmesser auf der Grundlage von mathematischen Berechnungen und biometrischen Mittelwerten festlegen zu können. Nach RAKOSI und JONAS [52] ist dieser mit Vor- und Nachteilen behafteten Auswertungsmethode in der Vergangenheit eine zu große Bedeutung beigemessen worden. Nachteilig ist z.B. die nach heutigem Kenntnisstand geringe Aussagekraft, da es sich hier „vornehmlich um Korrelationsanalysen handelt“ bei der die Zahnbogenbreite und -länge in Abhängigkeit zur Zahngröße beurteilt wird, wobei individuelle Istwerte mit Sollbogenwerten des „Normgebisses“ verglichen werden. Kritikpunkte sind zudem die *Nichtberücksichtigung von Zahnachsenstellung und apikaler Basis* [24]. Untersuchungen von LINDER und HARTH (1930) [23] an regelrechten Gebissen rheinländischer Personen im Alter von 12 -18 Jahren bestätigten für ihre Bevölkerungsgruppe mit kleinen Abweichungen den PONT'schen Index und bezeichnen diesen als „...wertvollen Anhaltspunkt für die kieferorthopädische Behandlung aber nicht als absolute Richtschnur.“ [14],[23].

FLOCK ET AL. [19] bewiesen Anfang der sechziger Jahre an abgeschlossenen kieferorthopädischen Behandlungsfällen „..., dass kaum ein Fall existiert, bei dem die veranschlagten Parameter nach Abschluß der Behandlung auf Dauer erreicht worden wären“ [28].

Unter Beachtung der anzubringenden Kritikpunkte findet das Verfahren der Odontometrie in der kieferorthopädischen Praxis dennoch breite Anwendung, nicht zuletzt aufgrund des großen Vorteils mit nur einer Auswertungsmethode Normabweichungen in drei Raumebenen ermitteln zu können. Außerdem sind die genannten Indizes, vor allem der "Pont'sche Index" als diagnostisches Hilfsmittel zur Beschreibung des Zahnbogenwachstums und zur Behandlungsplanung einsetzbar [11],[15],[26],[61],[63].

Zur Untersuchung der Breitenentwicklung gibt es unterschiedlichste Methoden und Messpunkte.

PONT [51] legte für die Vermessungen folgende Messpunkte fest (Abbildung 15):

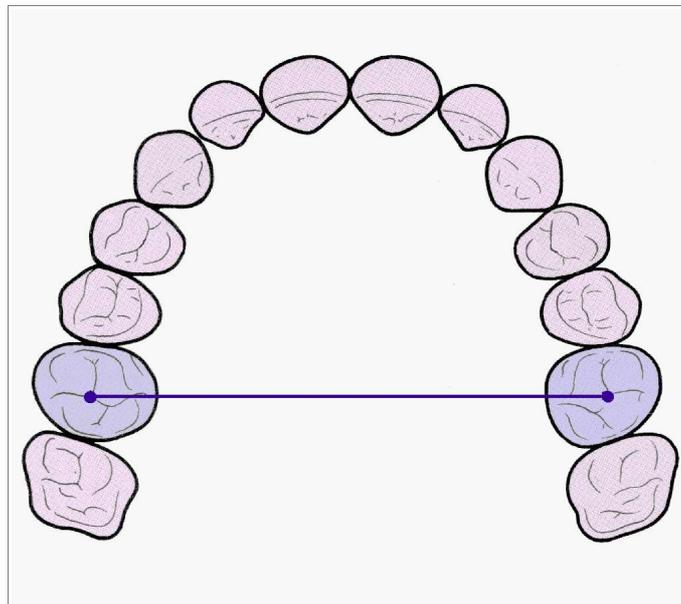


Abbildung 15: Oberkiefer - posteriore transversale Strecke [53]

Im Oberkiefer wird zur Ermittlung der vorderen Zahnbogenbreite der Abstand zwischen dem tiefsten Punkt der zentralen Fossae der ersten Prämolaren gemessen. Für die hintere Zahnbogenbreite gelten die tiefsten Punkte der zentralen Fossae der ersten Molaren als Messpunkte (Abbildung 15).

Für den Unterkiefer werden die zum Oberkiefer korrespondierenden Kontaktpunkte gewählt, d.h. bei Okklusion in einem eugnathen Gebiss liegen diese antagonistisch gegenüber. Die vordere Zahnbogenbreite im Unterkiefer wird als Distanz zwischen den approximalen Kontaktpunkt der Prämolaren gemessen. Für den posterioren Bereich gelten die distobukkalen bzw. (bei einem fünfhöckrigen Zahn) die mittleren bukkalen Höckerspitzen der 1. Molaren als Referenzpunkte (Abbildung 16).

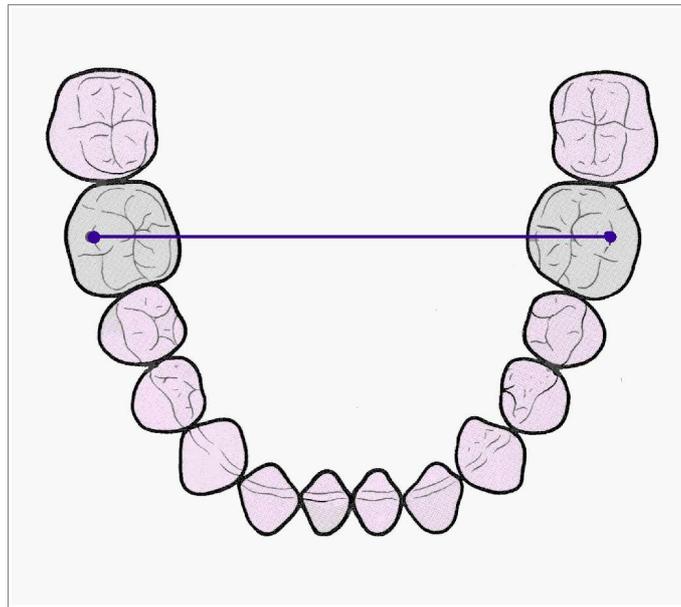


Abbildung 16: Unterkiefer - posteriore transversale Strecke [53]

PONT's Sollwertbestimmung der transversalen Zahnbogenbreite erfolgt in Abhängigkeit zur  $BSI_{OK}$ . Er setzt also die Summe der Oberkieferschneidezahnbreiten in Relation zur gemessenen transversalen Distanz. Da die Messpunkte bei anatomisch korrekter Okklusion genau gegenüber liegen, sind die Sollwerte beider Kiefer gleich groß [53] und die Summe der subtrahierten Kieferbreiten würde Null ergeben ( $OK\text{-Breite} - UK\text{Breite} = 0$ ). Die '*Posterior transverse interarch discrepancy (PTID)*' wird als Differenz zwischen der maxillären und mandibulären intermolaren Breite beschrieben [67].

### 1.3.1 Messung der Breitensummen der Inzisivi (BSI)

Die auf PONT [51] zurückzuführende Zahnbreitenvermessung der Inzisiven gibt Aufschluss über den Platzbedarf der Oberkiefer- bzw. Unterkieferfrontzähne. Er ging von der vereinfachenden Vorstellung aus, dass mit der Zunahme der Breitensummen der OK-Frontzähne auch die Breitensummen der übrigen Zähne proportional größer würden

und so die Messung der oberen Inzisiven ausreiche, um das Ausmaß eines optimalen, allen Zähnen platzspendenden Zahnbogens berechnen zu können. Je nach Autor wird hier von der BSI (=Breiten Summe Inzisivi) oder auch  $SI_{OK/UK}$  (Summa Inzisivorum) gesprochen [61],[63]. Die mesio-distalen Diameter werden parallel zur Schneidekante der bleibenden Zähne vermessen, wobei das Messinstrument, z.B. eine Schieblehre, von dem approximalen Kontaktpunktbereich die größte mesiodistale Breite der klinischen Krone erfasst [12]. NÖTZEL [49] zeigt auf, dass die klinische Krone einen größten mesio-distalen Durchmesser besitzt. Zum Zwecke der Modellanalyse ist jedoch der parallel zur Inzisalkante gemessenen Wert maßgebend [28] und der auftretende Messfehler, durch die unterschiedliche klinische Höhe der physiologischen Krümmungsmerkmale hervorgerufen, ist zu vernachlässigen [49].

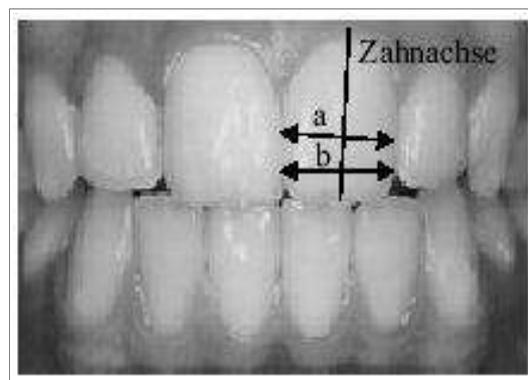


Abbildung 17: Vermessung des größten mesio-distalen Kronendurchmessers [49]

Die Addition der Einzelwerte zeigt das Teilbogensoll [27], also den Zahnbogenlängenbedarf der Frontzähne an.

Sollte ein Schneidezahn einseitig noch nicht durchgebrochen sein, so kann die Analyse durch die Übernahme des Wertes des kontralateralen Zahnes vervollständigt werden [27]. Sollten beide seitlichen Schneidezähne fehlen, können die Werte der vorhandenen 1'er jeweils mit 2 subtrahiert werden, oder aber man bedient sich der Umrechnung  $SI (OK)$  aus  $si (UK)$  über den Index nach Tonn, wobei nach Bestimmung der Breite der Inzisivi im Unterkiefer ( $BSI_{UK}$ ) die Breitensumme der fehlenden Oberkieferschneidezähne berechnet wird.

$$BSI_{OK} = \frac{BSI_{UK} \cdot 4}{3} + 0,5 \quad [49]$$

In Abhängigkeit zur mesiodistalen Breite der oberen Inzisivi können die Sollwerte der transversalen Zahnbogenbreite im Molarenbereich bestimmt werden.

### **1.3.2 Transversale Zahnbogenvermessung**

#### Pont-Index und Modifikationen

Eine ganze Bandbreite diagnostischer Indizes wird in der kieferorthopädischen Praxis verwendet, um das Zahnbogenwachstum zu beschreiben und die kieferorthopädische Behandlungsplanung zu unterstützen.

PONT [51] postulierte, basierend auf Untersuchungen von 1907 an 49 Schädeln eine Abhängigkeit zwischen der Breitensumme der Inzisiven und der transversalen Ausdehnung des Zahnbogens im Seitenzahnggebiet eines ideal geformten Kiefers und entwickelte 1909 den "Pont'schen Index" der auf Mittelwerten aus einer südfranzösischen Population (Lyon) beruht [60].

Im folgenden wird auf die Darstellung der anterioren Zahnbogenbreite verzichtet, da für die vorliegende Arbeit die posteriore Zahnbogenbreite von Relevanz ist.

PONT entwickelte nachstehend aufgeführte Formel zur Berechnung der Sollwerte:

$$\text{posteriore Zahnbogenbreite} = \frac{BSI_{OK} \cdot 100}{64}$$

Die Sollwerte der transversalen posteriore Zahnbogenbreite in Abhängigkeit von der  $BSI_{OK}$  nach PONT sind in Tabelle 1 dargestellt.

Sollwerte der posterioren Zahnbogenbreite in Abhängigkeit von der $BSI_{OK}$ nach $P_{ONT}$ in mm	
$BSI_{OK}$	posteriore Zahnbogenbreite
27	42,5
28	44,0
29	45,3
30	46,9
31	48,2
32	50,0
33	51,5
34	53,0
35	54,5
36	56,3

Tabelle 1: Korrelationstabelle nach  $P_{ONT}$  zwischen  $BSI_{OK}$  und der posterioren Zahnbogenbreite

Durch KORKHAUS [32] initiierte Untersuchungen von LINDER und HARTH [23] etablierten im deutschsprachigen Raum die nach folgender Formel modifizierten  $P_{ONT}$ -Werte. Die Modifizierung beruht auf der schmalen Gesichtsform der untersuchten deutschen Population aus dem Einzugsgebiet der Stadt Bonn.

$$posteriore\ Zahnbogenbreite = \frac{BSI_{OK} \cdot 100}{65}$$

Weitere Korrelationen nach HARTH [23], RITTER [49], WEISE [70] (die Düsseldorfer Bezugswerte) und die *Kölner* Zahlen nach SCHMUTH [56],[57] kommen hinzu und werden in Tabelle 2 dargestellt. Die von WEISE [70] zur Modellanalyse verwendeten Düsseldorfer Bezugswerte sowie auch die *Kölner* Werte nach SCHMUTH [56] basieren im Gegensatz zu den Sollwerten von beispielsweise  $P_{ONT}$  und KORKHAUS (hier wurden unbehandelte eugnathe Gebisse verwandt) auf Untersuchungen von eugnathen, ***kieferorthopädisch behandelten*** Gebissen [54],[62]. Die Leipziger Richtwerte nach MÜHLBERG [47] sollen in Ergänzung eingefügt werden, da hier die geschlechtsbedingten Einflüsse Berücksichtigung fanden [24],[49],[54].

Sollwerte der posterioren Zahnbogenbreite in Abhängigkeit von der BSI <sub>OK</sub> in mm						
BSI <sub>OK</sub>	posteriore Zahnbogenbreite					
	HARTH	SCHMUTH	MÜHLBERG		RITTER	WEISE
			Mädchen	Jungen		
27	41,5	<b>43</b>	46,0	45,5		47,1
27,5	42,3					47,5
28	43,0	<b>44</b>	47,5	46,0	48,0	47,8
28,5	43,8					48,2
29	44,5	<b>45</b>	48,0	47,0	48,5	48,6
29,5	45,3					48,9
30	46,0	<b>46</b>	49,0	47,0	49,0	49,3
30,5	46,8					49,7
31	47,5	<b>47</b>	49,0	48,0	49,5	50,1
31,5	48,5					50,4
32	49,0	<b>48</b>	49,5	48,0	50,0	50,8
32,5	50,0					51,1
33	51,0	<b>49</b>	50,0	48,0	50,5	51,5
33,5	51,5					51,8
34	52,5	<b>50</b>	50,5	48,0	51,0	52,2
34,5	53,0					52,6
35	54,0	<b>51</b>	50,5		51,5	53,0
35,5	54,5					53,3
36	55,5	<b>52</b>	51,0		52,0	53,7

Tabelle 2: Korrelation zwischen BSI<sub>OK</sub> und der post. Zahnbogenbreite ([54], [49])

SCHMUTH [56] veranlasste 1961 FLOCK, JANSEN UND MITARB. [19] zu einer Untersuchung, die eine Überprüfung des Erreichens der transversalen Sollwerte bei eugnather Gebiss-situation am Ende einer kieferorthopädischen Behandlung zum Ziel hatte. Da keines der untersuchten Modelle in seiner transversalen Breite mit den von PONT postulierten Werten übereinstimmte, entwickelten sie basierend auf errechneten Mittelwerten modifizierte Sollwerte. Der jeweiligen BSI sind so für die Ermittlung der posterioren transversalen Breite 16 mm zuzurechnen. Diese Modifikation dient der vorliegenden Studie als Vergleichsgrundlage für die eigenen gewonnenen Messwerte.

$$\text{posteriore Zahnbogenbreite (mm)} = \text{BSI}_{OK} + 16$$

### 1.3.3 Angle-Klassifizierung

Zum Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte EDWARD HARTLEY ANGLE [2],[3] eine bestechend einfache Einteilung der Gebissanomalien, die sich nicht zuletzt aus diesem Grunde

durchgesetzt hat und noch bis heute ihre Anwendung in der internationalen Literatur und Praxis findet [59].

Diese Klassifikation basiert auf der Bestimmung der Bisslage in der sagittalen Dimension, d.h. der Relation der ersten Molaren zueinander. Anfänglich beurteilte ANGLE die gesamte Dentition. Schon in der Originalfassung von 1899 wurden *die ersten Molaren des Oberkiefers und die Eckzähne als Referenzen* festgelegt [2]. Um 1907 bzw. 1913 [3] postuliert Angle den „Key of occlusion“ und geht hierbei von einer Unbeeinflussbarkeit des Oberkiefers aus, die dazu führt, dass der obere erste Molar immer richtig positioniert sei. Er beschließt das Dogma der Molarenkonstanz [29].

Es werden folgende Klassen unterschieden:

#### 1.3.3.1 Angle-Klasse I

Neutralbiss, der mesiobukkale Höcker des ersten oberen Molaren okkludiert in die mesiobukkale Querrfissur des unteren ersten Molaren. Der obere Eckzahn greift in den Zwischenraum des unteren Eckzahnes und dem ersten Prämolaren. Man darf sich durch den Begriff *Neutralbiss* nicht der Illusion hingeben, dass es sich hierbei prinzipiell um eine normgerechte Okklusion handelt. Auch hier können pathologische Befunde bestehen, z.B. frontaler Engstand, Kreuzbiss, sagittale Stufe oder Deckbiss (Abbildung 18).

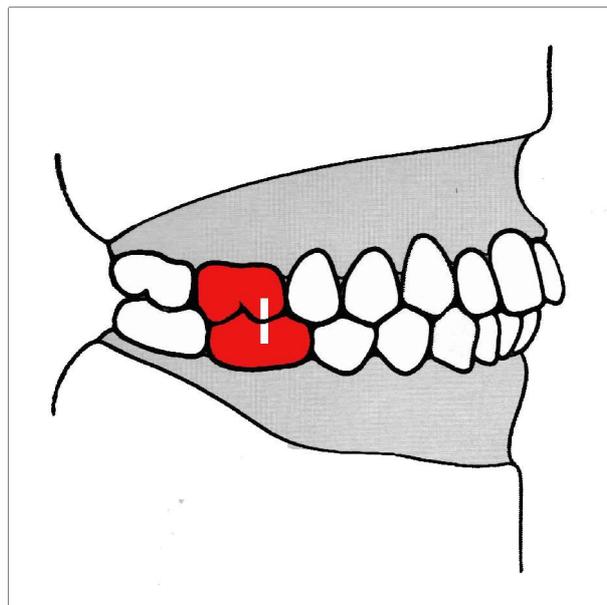


Abbildung 18: Klasse I [53]

1.3.3.1 Angle-Klasse II

Bei einer Distalokklusion, im Verhältnis zum oberen 6-Jahrmolaren okkludieren die Unterkieferseitenzähne weiter distal, liegt der Unterkiefer zurück. Es werden je nach Frontzahnstellung zwei weitere Formen unterschieden:

Klasse II/1 - Distalbiss mit proklinierter OK-Front (Abbildung 19).

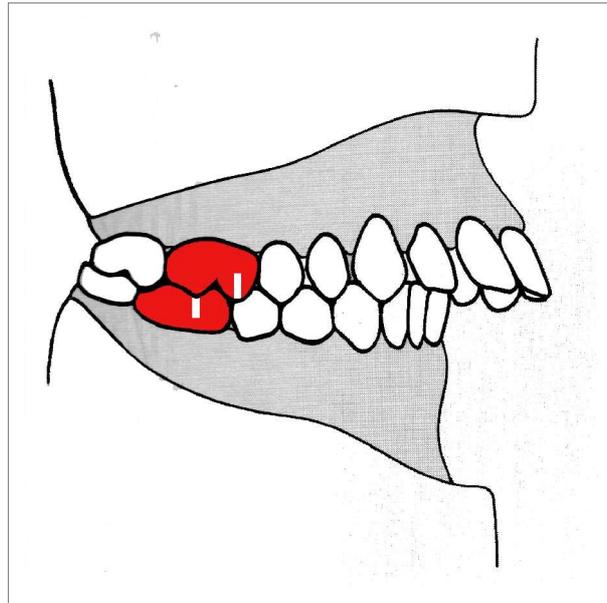


Abbildung 19: Klasse II/1 [53]

Klasse II/2 - Distalbiss mit reklinierter (steilstehender) OK-Front (Abbildung 20).

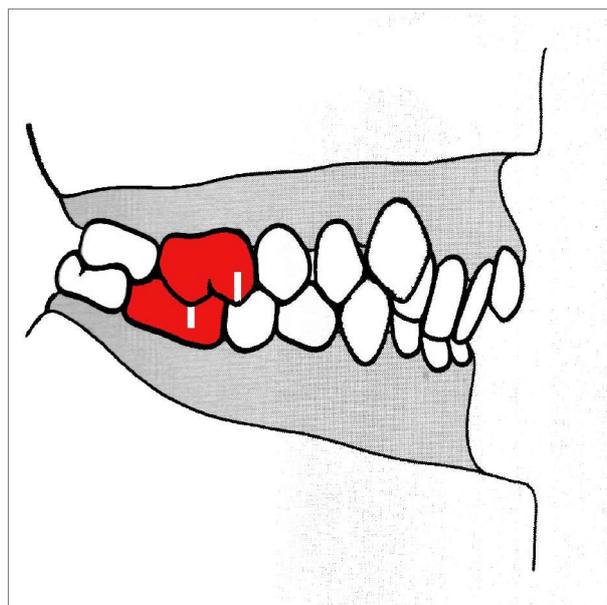


Abbildung 20: Klasse II/2 [53]

### 1.3.3.3 Angle-Klasse III

Beim Mesialbiss okkludiert der Oberkiefer zu weit distal. Der Unterkiefer ist vorverlagert. Die unteren Seitenzähne sind im Verhältnis zu den oberen nach mesial verschoben (Abbildung 21).

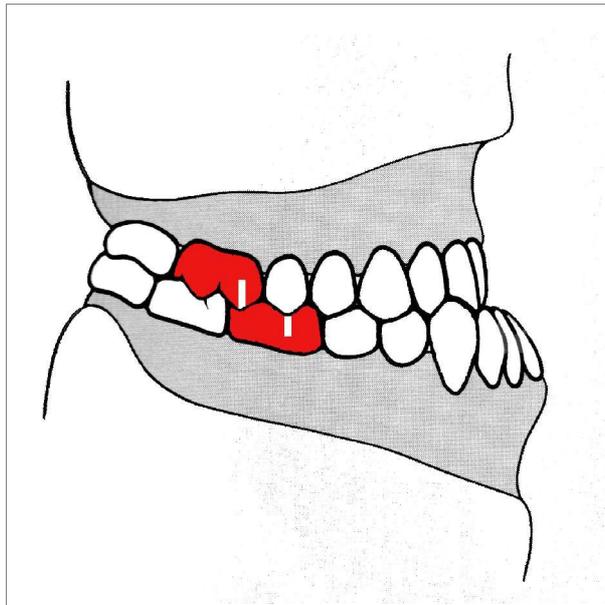


Abbildung 21: Klasse III [53]

Eine weitere Einstufung zur Beurteilung der Schweregrade kann über die Angabe des Ausmaßes der Fehlstellung in Prämolarenbreiten erfolgen, so können auch „*klinisch praktische Anforderungen*“ erfüllt werden. Eine Prämolarenbreite entspricht etwa 7 mm, bei geringeren Abweichungen kann man die Angaben auch in Bruchteilen machen; man spricht dann z.B. bei Abweichungen von ca. 3,5 mm auch von  $\frac{1}{2}$  Prämolarenbreiten [16].

## **2. Material und Methode**

Im Rahmen des Projektes wurden Schülerinnen und Schüler der Anette von Droste-Hülshoff Grundschule in Münster-Nienberge (NRW/Deutschland) im Alter von 7 Jahren gebeten an den Untersuchungen teilzunehmen. Prospektiv wurde geplant dieselben Probanden im Alter von 8, 9 und 10 Jahren erneut einzubestellen und analoge Untersuchungen von untereinander kalibrierten Assistenz Zahnärzten in der Weiterbildung zu Fach Zahnärzten für Kieferorthopädie durchzuführen.

Nach schriftlicher Erlaubnis der Erziehungsberechtigten erfolgte innerhalb der Poliklinik für Kieferorthopädie jährlich die kollektive Untersuchung der Schülerinnen und Schüler im Klassenverband unter festgelegten Standardbedingungen.

Im Rahmen der Befunderhebungen wurden Abformungen von Ober- und Unterkiefer angefertigt. Als Abformmaterial wurde ein Alginat verwendet. Die am gleichen Tag hergestellten Hartgipsmodelle sind Grundlage der nachfolgenden Modellanalysen. Die Gipsmodelle wurden nach standardisierten Kriterien getrimmt, beschriftet und in Modellkästen archiviert. Bestimmte Kriterien wurden als grundlegende Voraussetzungen festgelegt, um die Modelle in die Auswertung einzubeziehen:

1. Alle vier 6-Jahr-Molaren müssen durchgebrochen sein.
2. Mindestens drei Modellpaare, die einem Patienten zuzuordnen sind müssen vorhanden sein; im Alter von 7, 9 und 10 Jahren.

Neben der Modellherstellung wurden einige klinischen Untersuchungen durchgeführt und diverse anamnestiche Fragen gestellt, von denen für die vorliegende Studie nur die Frage nach einer bestehenden bzw. bereits abgeschlossenen kieferorthopädischen Behandlung relevant ist. Ausschlusskriterium war demnach auch eine nicht beantwortete Frage nach einer KFO-Therapie.

### **2.1 Probandengut**

In die vorliegende Studie wurden den Schwerpunkten der Zielsetzung entsprechend eine möglichst große Probandenzahl 7-jähriger Probanden aufgenommen, von denen für die Longitudinalauswertung als Voraussetzung auch im 10. Lebensjahr vollständige Untersuchungsunterlagen vorliegen mussten.

Die 9-jährigen Probanden sind die Grundlage der Querschnittsauswertung, wobei auch

hier mit dem Ziel einer möglichst großen Gruppenstärke aber auch Probanden unabhängig von einer Teilnahme desselben Probanden in einem anderen Alter eingingen. Aus der Gruppe der im Alter von 10 Jahren untersuchten Probanden, wurden nur die Probanden in die Studie aufgenommen, die bereits mit 7 Jahren an der Untersuchung teilgenommen haben. Die folgenden Diagramme visualisieren das Probandenkollektiv sowie die vorgenommene Unterteilung innerhalb der jeweiligen Altersklassen:

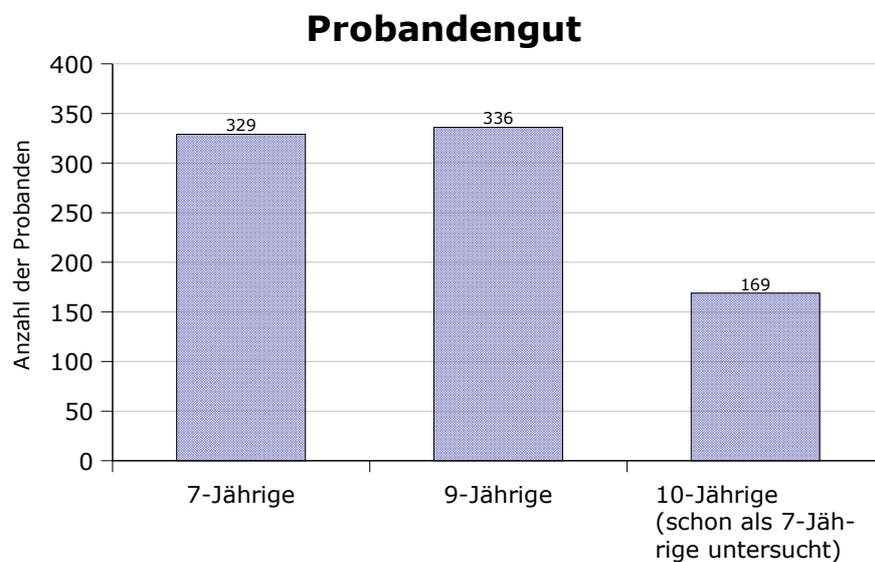


Abbildung 22: Gesamtes Probandengut (7-, 9- und 10-Jährige)

Vollständige Untersuchungsunterlagen lagen für 329 siebenjährige und 336 neunjährige Kinder vor (Abbildung 22). Da für die longitudinalen Vergleiche zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr dieselben Individuen betrachtet werden sollen, um mit 'gepaarten Stichproben' innerhalb der analytischen Statistik eine höhere Aussagekraft zu erzielen, gehen nur die 169 Zehnjährigen in die Studie ein, die schon als Siebenjährige untersucht wurden.

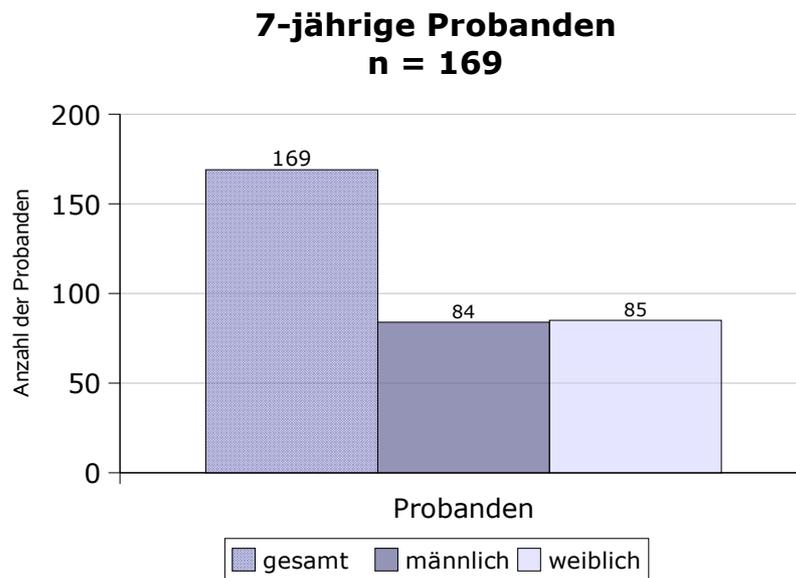


Abbildung 23: 7-jährige Probanden (auch mit 10 Jahren untersucht)

Daher reduziert sich die relevante Gruppe der Siebenjährigen auf 169 Personen, die sich aus 84 Jungen und 85 Mädchen zusammensetzt (Abbildung 23).

336 Schüler bilden die Untersuchungsgruppe der 9-Jährigen, welche im Rahmen der Querschnittsuntersuchungen unabhängig von weiteren Untersuchungen in einer andere Altersstufe ausgewertet werden. 157 neunjährige Kinder sind männlich, 179 weiblich (Abbildung 24).

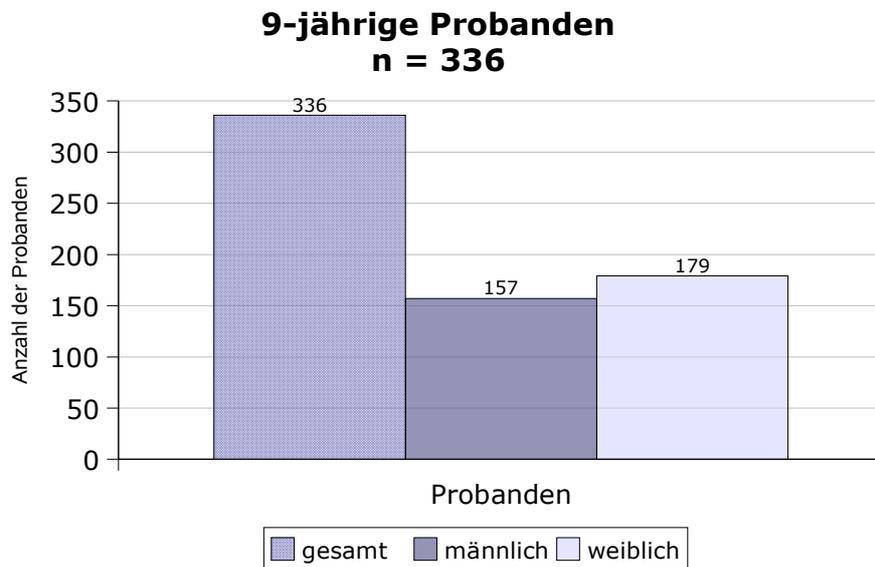


Abbildung 24: 9-jährige Probanden

Innerhalb der Gruppe der 10-Jährigen, bestehend aus insgesamt 169 Probanden, repräsentieren 84 Kinder das männliche und 85 Kinder das weibliche Geschlecht (Abbildung 25). Diese Gruppe setzt sich aus denselben Schülern zusammen, die bereits im Alter von 7 Jahren an der Studie teilgenommen haben.

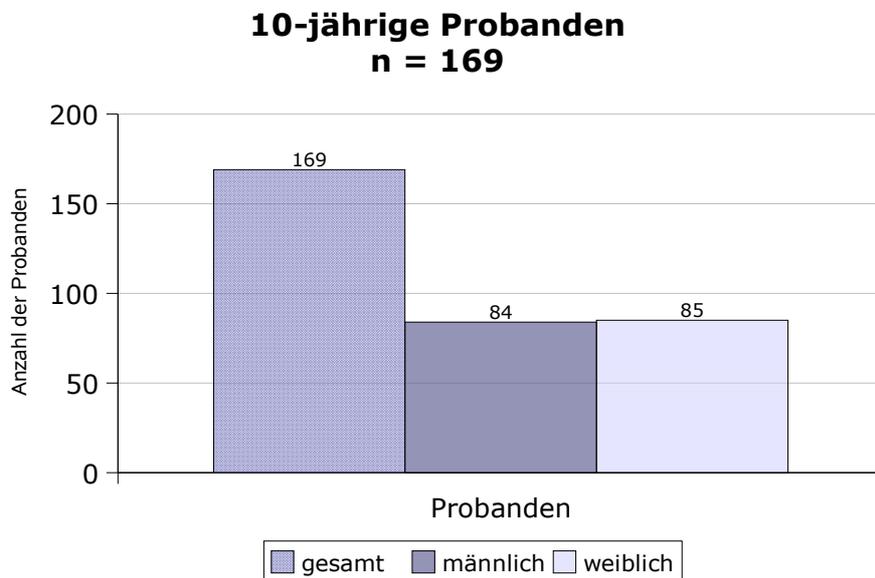


Abbildung 25: 10-jährige Probanden (schon mit 7 Jahren untersucht)

## 2.2 Modellherstellung

Zur Abdrucknahme dienten konfektionierte perforierte Metallabformlöffel, die mit Alginat beschickt wurden. Es war darauf zu achten, dass die gesamten Zahnreihen, die palatinalen bzw. lingualen und vestibulären Bereiche sowie sämtliche anatomisch wichtigen Strukturen zu denen u.a. inserierende Bänder (Zungen- und Lippenbändchen), Papilla incisiva und Raphe palatina mediana gehören, hinreichend abgeformt wurden, um eine optimale Beurteilung des Gesamtmodells zu ermöglichen [29].

Von jedem Schüler wurde ein Wachsbiss in maximaler Interkuspitation durch Zubiss auf zweilagiges Plattenwachs hergestellt, um die Gipsmodelle später eindeutig in der habituellen Okklusion zuordnen zu können. Nach dem Ausgießen der Abformungen mit speziellem weißen KFO-Hartgips erfolgte die Herstellung der dreidimensionalen Untersuchungsmodelle nach einheitlichen Richtlinien. Die Modelle werden an ihrer Oberfläche parallel zur Kauebene, die Rückflächen senkrecht zur Raphe-Median-Ebene getrimmt. Um eine eindeutige Zuordnung zu gewährleisten, wurde jedes Modell rückwärtig mit dem Patientennamen, dem Geburtsdatum, dem Datum der Abdrucknahme sowie der Patientennummer versehen und in Modellkästen archiviert.

## 2.3 Modellanalyseverfahren

### 2.3.1 Vermessen einer transversalen Kalibrierungsstrecke

Als Basis der computergestützten Modelldiagnostik dienen im Vorfeld festgelegte Referenzstrecken, da auf dem späteren digitalen Foto mindestens eine Originalstrecke bekannt sein muss, um eine EDV-gestützte Auswertung mit Angabe absoluter Strecken durchführen zu können.

In Anlehnung an die Messpunkte nach PONT [51], HARTH und LINDER [56] wurden die zentralen Fossae der ersten Oberkiefermolaren und die distobukkale Höckerspitzen des entsprechenden Zahntyps im Unterkiefer als Referenzpunkte gewählt, da diese *bei korrekter Verzahnung okkludieren, topographisch aber verschieden sind* [51]. Für die Markierung dieser Punkte sowie für die nachfolgende Beschriftung, wurde ein Druckbleistift mit einer mittelharten Minenstärke von 0,5 mm verwendet.

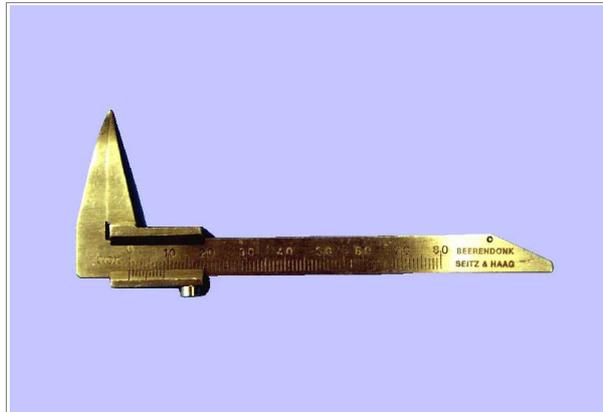


Abbildung 26: Schieblehre nach Beerendonk [6]

Mittels einer Schieblehre nach BEERENDONK (1951) [6] (Abbildung 26) wurde der transversale Abstand in Millimetern, mit Hilfe des Nonius auf 0,1 mm genau, zwischen den Referenzpunkten innerhalb eines Kiefers abgelesen und dokumentiert. Fehlten die entsprechenden Markierungspunkte, z.B. weil ein Zahn nur unvollständig oder gar nicht durchgebrochen war, unterblieb die Vermessung und das Modellpaar wurde exkludiert.

Um die Werte unverwechselbar auf den spätere Modellfotos zu fixieren, wurden die Modelle direkt mit den gewonnenen mm-Werten, den Patienten-Initialen, der eindeutigen Modellnummer und dem Untersuchungsdatum beschriftet, so dass alle Daten in der Aufsichtsansicht gut lesbar sind (Abbildung 27).

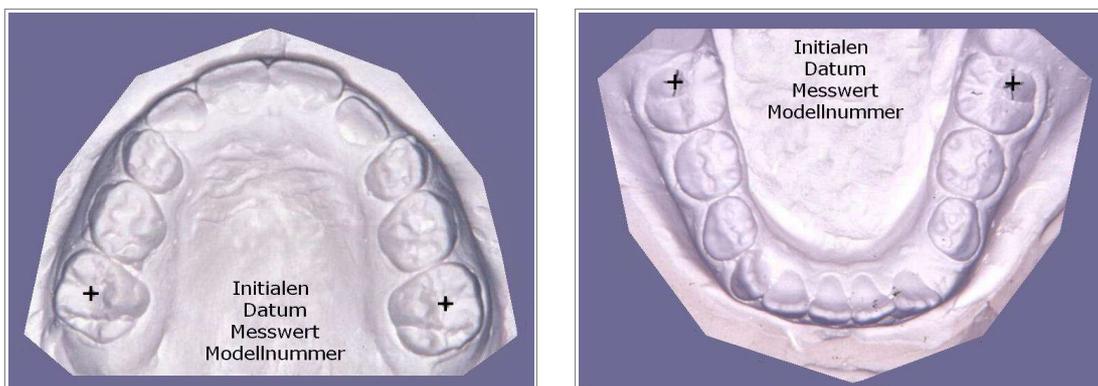


Abbildung 27: Modelle OK/UK beschriftet

### 2.3.2 Fotografieren der Modellaufsichten

Sämtliche Untersuchungsmodellpaare wurden getrennt nach Ober- und Unterkiefer der Reihe nach fotografiert. Ein professionelles Studiostativ, ausgestattet mit einem 3 D-Neigekopf ergibt zusammen mit dem Aufnahmetisch und der Spiegelreflexkamera des Herstellers *Nikon* (Japan) mit zugehörigem Blitzgerät (*Nikon*) die Aufnahmeeinheit (Abbildung 28).



Abbildung 28: Kamera

Der Aufnahmetisch wurde mit einer Unterlage aus blauem Tonpapier ausgestattet und bildete somit einen adäquaten Hintergrund für die zu fotografierenden weißen bis gelblichen Gipsmodelle. Die Kamera wurde mit der Linse in zentraler Position senkrecht zum beschriebenen Objektisch an der Halterung angebracht. Der optimale Fokus-Objekt Abstand mit entsprechendem Linsensystem wurde bei 75,5 cm festgelegt; hier war die größte Bildschärfe zu erzielen (Objektiveinstellungen: Blende 16; Linsensystem 1/4, 1/6, 1/8; ASA 75). Somit ist die Kameraposition zu jedem Zeitpunkt reproduzierbar und Feineinstellungen sind bei sehr unterschiedlichen Modellgrößen durch die Höhenverstellbarkeit trotzdem möglich. Die einzelnen Modelle wurden zentral in den Fokus gesetzt; die Oberkiefermodelle zeigen mit den Inzisiven nach kranial (d.h. der Zahnbogen ist nach oben geschlossen), die Unterkieferinzisiven der Untersuchungsmodelle entsprechend nach kaudal (d.h. der Zahnbogen ist nach unten geschlossen) (Abbildung 29).

Als Filmmaterial dienten Dia-Postiv-Filme der Firma KODAK (Kodak Elite Chrome ASA 200).



Abbildung 29: Versuchsaufbau - Modellfotos

Die Aufnahmen wurden in der Fotoabteilung des Universitätsklinikums entwickelt und anschließend mittels eines Durchlichtscanners digitalisiert.

### ***2.3.3 Elektronisches Datenmanagement***

#### Digitalisierung der Dia-Positive:

Die Dia-Positive der Modellaufsichten wurden innerhalb einer Scan-Schablone (Abbildung 30) im Durchlichtscanner (UMAX Powerlook III) positioniert und mittels der zugehörigen Software Magic-Scan (Version 4.5 für Microsoft Windows) digitalisiert, in das JPG Format (Joint Photographic Experts Group) transferiert (komprimiert ohne Qualitätsverlust) und konnten so als binäre Pixelgrafik der EDV-gestützten Bildbearbeitung und Auswertung zugänglich gemacht werden. Das maximale optische Auflösungsvermögen des verwendeten Scanners beträgt 600 x 1200 dpi (dots per inch, d.h. Ausgabeauflösung in Punkten pro Zoll (1" = 2,54 cm)), was absolut ausreichend ist, da die spätere Auswertung auf Computerbildschirmen geschieht, die standardgemäß eine wesentlich geringere Auflösung besitzen, nämlich unter 100 dpi. Das bedeutet, dass das

Modellfoto mit einer Auflösung von 600 dpi mehr als bildschirmfüllend dargestellt werden kann.

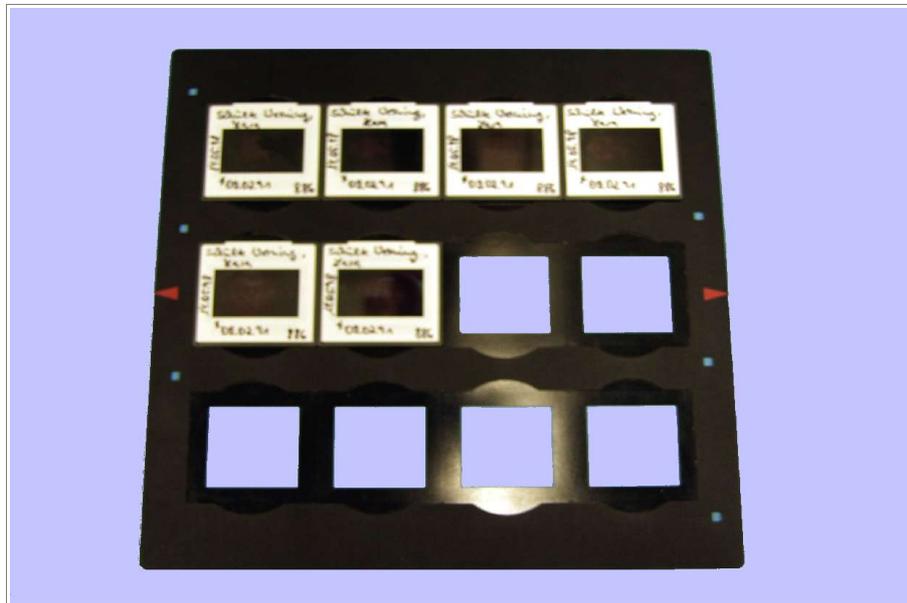


Abbildung 30: Scan-Schablone - Modellfotos

Der Scanner arbeitet mit RGB-Filtern (Rot-Grün-Blau) in Kombination mit weißem Licht und bedient sich im Durchlichtbereich zweier Lichtquellen. Die Sensoren des Scanners wandeln die gemessenen Lichtintensitäten in entsprechende Stromspannungen um. Mittels eines Konverters werden die unterschiedlichen Spannungen in digitale Daten moduliert. Die gewonnenen Informationen werden von der Software Magic-Scan des Scanners in Form von Bilddateien, die mit dem Patientennamen und dem Datum der Modellherstellung sowie der Modellkastenummer versehen wurden, in dem Grafikdateiformat "JPG" in bestimmten Ordnern eines temporären Verzeichnisses auf der Festplatte abgelegt. Hier stehen sie der nachfolgenden Bildbearbeitung zur Verfügung.

Um eine optimale Auswertungsgrundlage zu schaffen ist ein Bildbearbeitungsprogramm (Corel Photo-Paint<sup>R</sup> von Corel<sup>TM</sup>) erforderlich; die Nachbearbeitung beginnt mit dem Abschneiden schmaler schwarzer umlaufender Rahmen. Dann erfolgt die Einstellung der Tonwertkurve, durch die Änderung der Helligkeitsverteilung kann das Bild aufgehellt bzw. verdunkelt werden. Außerdem lassen sich Kontraste und Zeichenschärfe individuell optimieren. Die bearbeiteten Dateien werden in einem temporären Verzeichnis abgelegt, von dem aus sie in die eigens für das Projekt entwickelte Datenbank eingebunden werden.

### Verwaltung der Diagnose-Unterlagen in einer Datenbank:

Die vorliegende große Datenmenge macht das Anlegen einer Datenbank zwingend erforderlich. Die Organisation einer Datenbank ermöglicht die Untersuchung vielfältiger Fragestellungen aus unterschiedlichen Positionen heraus, lässt Abfragen und Berichte zu. Nach dem Anlegen der virtuellen Patientenkartekarten und der Aufnahme der Stammdaten, wie Name, Vorname, Geschlecht und Geburtsdatum, wurden die Daten der Anamnese-Bögen in die Datenbank eingegeben. Insbesondere wurde das Kriterium 'bestehende bzw. abgeschlossene KFO-Behandlung' dokumentiert.

Die Einbindung der bearbeiteten Modellfotos erfolgte über ein speziell für die Datenbank (MS Access für Windows) programmiertes Bildimportformular, durch das das Modellfoto eindeutig dem entsprechenden Patienten zugeordnet wird. Weiterhin wird das Datum der Abdrucknahme dokumentiert, sowie der Bildtyp.

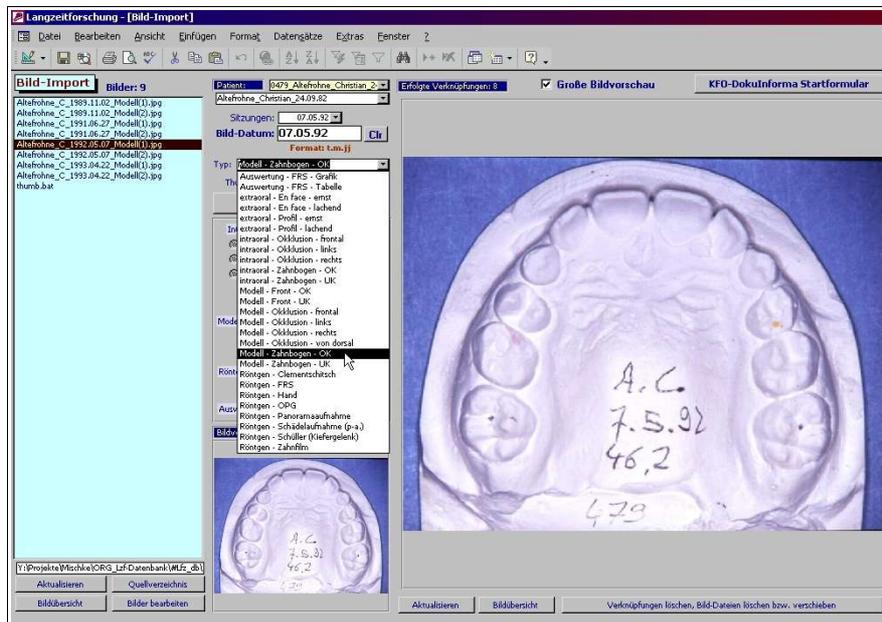


Abbildung 31: Bild-Import-Formular der Datenbank

### 2.3.4 Modellanalyse

#### 2.3.4.1 Elektronische Modellanalyse

Mit Hilfe eines speziellen elektronischen Modellanalyseverfahrens nach MISCHKE [41],

wurden die Modelle auf den eingescannten Fotos elektronisch vermessen und ausgewertet.

Nach Auswahl eines entsprechenden Modellfotos, muss zunächst eine Kalibrierungsstrecke festgelegt werden. Diese gewinnt man durch das Anklicken der auf dem fotografierten Modell markierten Messpunkte und der Eingabe der zuvor gemessenen realen Distanz in mm (Transversale Breite, 'Intermolare Distanz'). Auf der Basis dieser Kalibrierungsstrecke können sämtliche Strecken des Bildes von dem Modellanalyseprogramm der Datenbank in absolute Streckenmasse umgerechnet werden.

Die einzelnen Zahnbreiten der Dentes permanentes werden via Mausclick vermessen, in dem man den Bereich des größten mesio distalen Durchmessers parallel zu den Inzisalkanten bzw. Okklusalfächen in den Kontaktpunktbereichen mittels eines Mausclicks markiert. Die Koordinaten des so gekennzeichneten Punktes werden in der Datenbank gespeichert und stehen für dynamische Berechnungen zur Verfügung. Für die nachfolgenden Auswertungen sind als Messpunkte pro Kiefer mindestens 4 Punkte an den zentralen und lateralen Schneidezähne zu markieren, die Kontaktpunkte der 6-Jahr-Molaren, sowie die zentralen Fossa-Punkte der 6'er im Oberkiefer und die antagonistischen Punktlokalisationen auf den distobukkalen Höckerspitzen der unteren Sechsjahrmolaren.

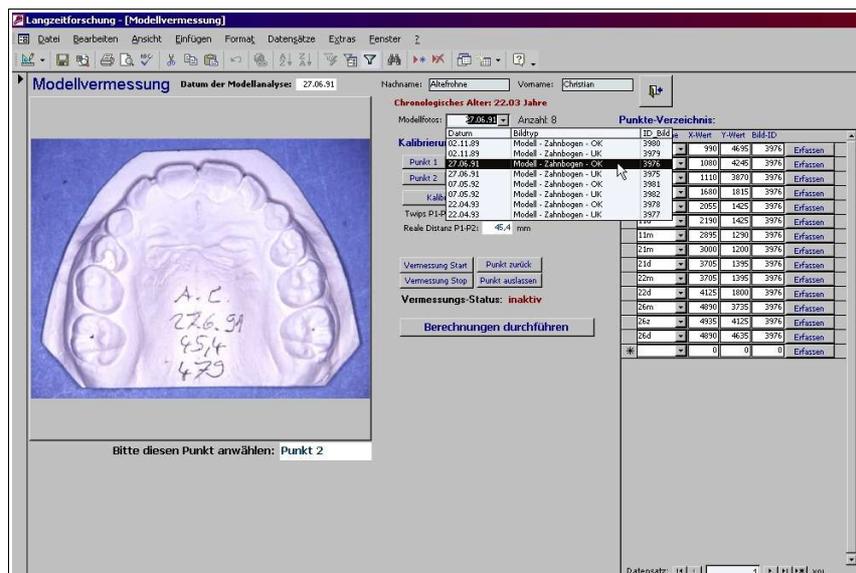


Abbildung 32: Screen-Shot des Modellanalyse-Formulars

#### 2.3.4.2 Manuell visuelle Modellanalyse

Die Zuordnung der einzelnen Modellpaare in den entsprechenden Angle-Klasse Befund geschieht durch das manuelle Zusammensetzen der Kiefermodelle in maximaler Interkuspitation (Wachbiss) und durch visuelle Beurteilung der vorliegenden Bissituation nach den von ANGLE [2],[3] postulierten Kriterien, wobei eine Abweichung von 1 mm als tolerabel akzeptiert wurde (siehe Kapitel 1.3.3).



Abbildung 33: Manuell visuelle Analyse

#### 2.3.4.3 Untersuchungsvariablen

In der vorliegenden Studie sollen für die beiden Hauptuntersuchungen folgende Variablen überprüft werden:

1. *Maxilläre intermolare Distanz*; bezeichnet den transversalen Abstand (in mm) zwischen den zentralen Fossae der ersten Oberkiefermolaren respektive die posteriore Zahnbogenbreite.
2. *Mandibuläre intermolare Distanz*; bezeichnet den transversalen Abstand (in mm) zwischen den distobukkalen Höckerspitzen der ersten Unterkiefermolaren respektive die posteriore Zahnbogenbreite.

Die unter Punkt 1 und 2 genannten Messpunkte liegen bei eugnather Verzahnung einander genau gegenüber.

3. *Intermaxilläre Harmonie*; bezeichnet das Verhältnis zwischen Ober- und Unter-

kieferbreite. D.h. die Subtraktion (OK- Breite - UK- Breite) würde bei *harmonischer* Relation der Kieferbreiten zueinander den Wert "Null" ergeben. Ein positives Ergebnis der Subtraktion zeigt somit einen im Verhältnis zum Oberkiefer zu kleinen Unterkiefer an. Andere Autoren [67] sprechen bei diesem Verhältnis auch von der '*Posterior transverse interarch discrepancy (PTID)*'.

Im Rahmen der Querschnittsanalyse der 9-jährigen Kinder sollen zusätzlich nachfolgend dargestellte Variablen untersucht werden:

4. *Differenz der posterioren Oberkieferbreite zum Kölner-Sollwert*; bezeichnet die Differenz zwischen der nach der individuellen  $BSI_{OK}$  bestimmten posterioren Breite nach SCHMUTH [56] (siehe Tabelle 2, Seite 22) und der innerhalb der vorliegenden Arbeit tatsächlich gemessenen Werte für die maxilläre posteriore Zahnbogenbreite.
5. *Differenz der posterioren Unterkieferbreite zum Kölner-Sollwert*; bezeichnet die Differenz zwischen der nach der individuellen  $BSI_{OK}$  bestimmten posterioren Breite nach SCHMUTH [56] (siehe Tabelle 2, Seite 22) und der innerhalb der vorliegenden Arbeit tatsächlich gemessenen Werte für die mandibuläre posteriore Zahnbogenbreite.

#### **2.4 Statistische Vorgehensweise**

Ziel ist es einen möglichst großen Datenpool zu erhalten, in dem keine iatrogenen Veränderungen durch kieferorthopädische Behandlungen gegeben sind. Daher ist im Vorfeld zu klären, ob die Messwerte von Probanden mit einer begonnenen oder abgeschlossenen kieferorthopädischen Behandlung einen signifikanten Unterschied zu Nicht- KFO-Behandelten aufweisen und somit die KFO-Behandelten exkludiert werden müssten.

Im folgenden wird die statistische Vorgehensweise für die Probandenselektion im allgemeinen sowie innerhalb der beiden Hauptgruppen (Querschnittsuntersuchung/Longitudinaluntersuchung) in Form von 'Roadmaps' schematisch dargestellt.

2.4.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen

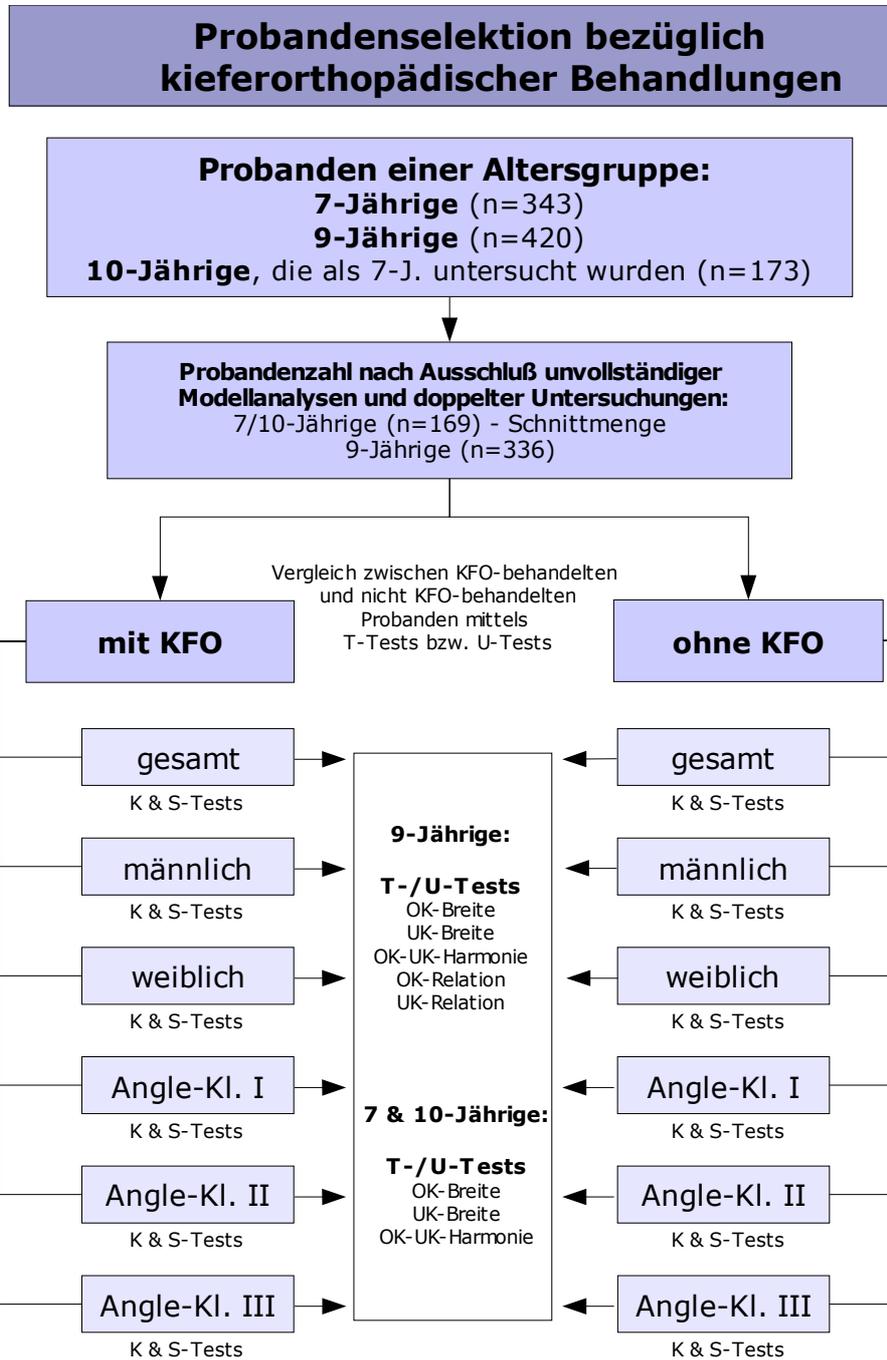


Abbildung 34: Roadmap der Probandenselektion (mit/ohne KFO)

Abbildung 34 zeigt das Verfahren der Probandenselektion nach dem Kriterium des kieferorthopädischen Behandlungsstatus sowie die allgemeine statistische Vorgehensweise der Auswertung.

Aus dem Pool der untersuchten Kinder werden zunächst alle Probanden in ihre Alters-

klassen eingeteilt. Für die vorliegende Studie werden Probanden im Alter von 7, 9 und 10 Jahren betrachtet. Die Probandenzahl ergibt sich aus den zur Auswertung verwertbaren Modellanalysen. Analysen von doppelt untersuchten Schülern wurden einfach gewertet, unvollständige Modellanalysen wurden herausgefiltert. Das Ereignis einer doppelten Untersuchung erklärt sich durch den Umstand, dass einige wenige Schüler innerhalb eines Lebensjahres zweimal untersucht wurden, d.h. sie kamen einmal kurz **nach** und ein zweites Mal kurz **vor** einem ihrer Geburtstage. Folglich erschienen die gemessenen Werte doppelt innerhalb einer Altersklasse und wurden nach dem Zufallsprinzip eliminiert, sodass jeder Proband in einem Lebensalter nur einmal in die Untersuchung eingeht. Für die Modellanalyse dürfen nur Modelle mit einem vollständigen Oberkiefer-Frontzahnbereich und durchgebrochenen 6 -Jahrmolaren in die Auswertung Verwendung finden. Bei Nichterfüllung dieser Bedingungen wurden diese Probanden exkludiert.

Nach diesen Selektionskriterien setzen sich die Gruppen für die Querschnittsuntersuchung (9 -Jährige) und die longitudinale Analyse (7- und 10 -Jährige) zusammen.

Innerhalb dieser Gruppen werden alle Probanden nach ihrem kieferorthopädischen Behandlungsstatus (KFO- Behandlung erfolgt/KFO- Behandlung noch nicht erfolgt) weiter unterteilt.

Die Messwerte der entsprechenden Untergruppen werden mittels des KOLMOGOROV-SMIRNOV-Tests zunächst auf ihre Verteilungsform überprüft. Diese Prüfung der Stichproben auf Normalverteilung ist Voraussetzung für die Anwendung statistischer Tests und dient der Auswahl des entsprechenden Prüfverfahrens. Bei bewiesener Normalverteilung findet der T-Test nach STUDENT Anwendung. Bei einer signifikanten Abweichung der Werte von der Normalverteilung wird der Mittelwertvergleich für die Variablen innerhalb der verschiedenen Gruppen mit dem U-Test nach MANN UND WHITNEY vorgenommen [71]. Die Mittelwertvergleiche zeigen, ob ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Probanden mit oder ohne kieferorthopädischer Behandlung besteht. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p > 0,05$  ist es statistisch nicht signifikant ob die Testpersonen kieferorthopädisch behandelt werden oder nicht, daher ist es erlaubt für die weiteren Berechnungen die Gesamtgruppen (+KFO/-KFO) zu betrachten.

Im Folgenden werden die weiteren Vorgehensweisen speziell für die Untersuchungen der 9 -Jährigen (Kapitel 2.4.2) sowie der 7 - und 10 -Jährigen (Kapitel 2.4.3) erläutert.

### 2.4.2 Querschnittsuntersuchung bei 9-jährigen Probanden

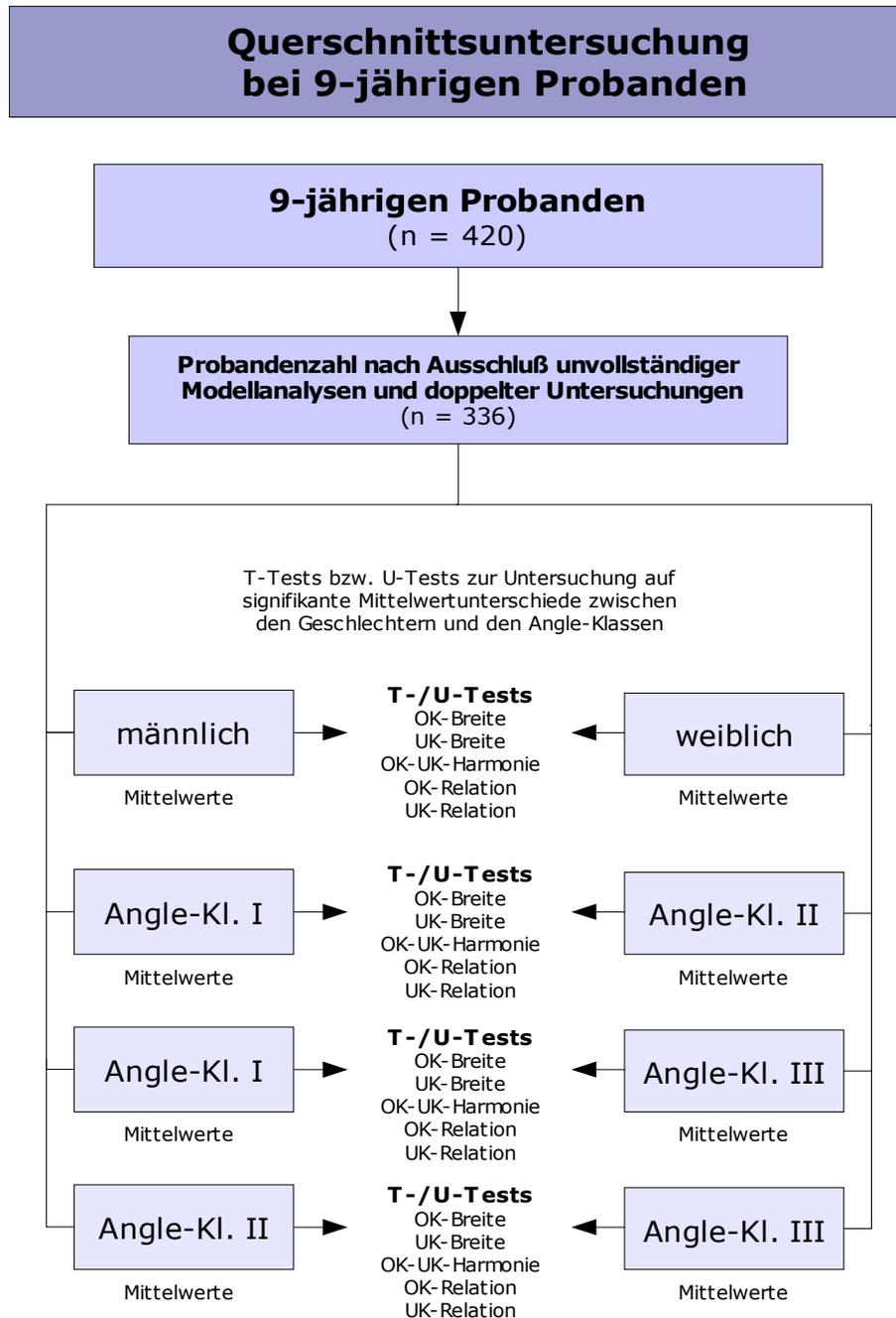


Abbildung 35: Roadmap der Querschnittsuntersuchung

Aus dem Probanden Pool der 9 -Jährigen werden alle unvollständigen und somit nicht verwertbaren Modellanalysen exkludiert. Probanden die innerhalb eines Lebensjahres

zweimal untersucht wurden, gehen nur einfach in die Auswertung ein. Die Mittelwerte der so selektierten Testpersonen werden wie in Abbildung 34 beschrieben zunächst auf ihre Verteilungsform geprüft, um dann die Frage zu klären, ob eine differenzierte Betrachtung bezüglich einer bestehenden kieferorthopädischen Behandlung erfolgen muss. Ihrer Verteilungsform entsprechend werden die Mittelwertvergleiche unabhängiger Stichproben mittels T- bzw. U-Tests auf bestehende signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen der männlichen und weiblichen Probanden sowie zwischen den Gruppen der Angle-Klasse I, Klasse II und Klasse III durchgeführt. Diese Tests auf signifikante Unterschiede werden innerhalb der genannten Gruppen für alle fünf Variablen durchgeführt (Abbildung 35). Für die 9 -Jährigen werden folgende Variablen untersucht:

1. *Maxilläre intermolare Distanz* = OK- Breite
2. *Mandibuläre intermolare Distanz* = UK- Breite
3. *Intermaxilläre Harmonie* = OK-Breite – UK-Breite (Differenz)
4. *Differenz der posterioren Oberkieferbreite zum Kölner-Sollwert* = OK- Relation
5. *Differenz der posterioren Unterkieferbreite zum Kölner-Sollwert* = UK- Relation

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

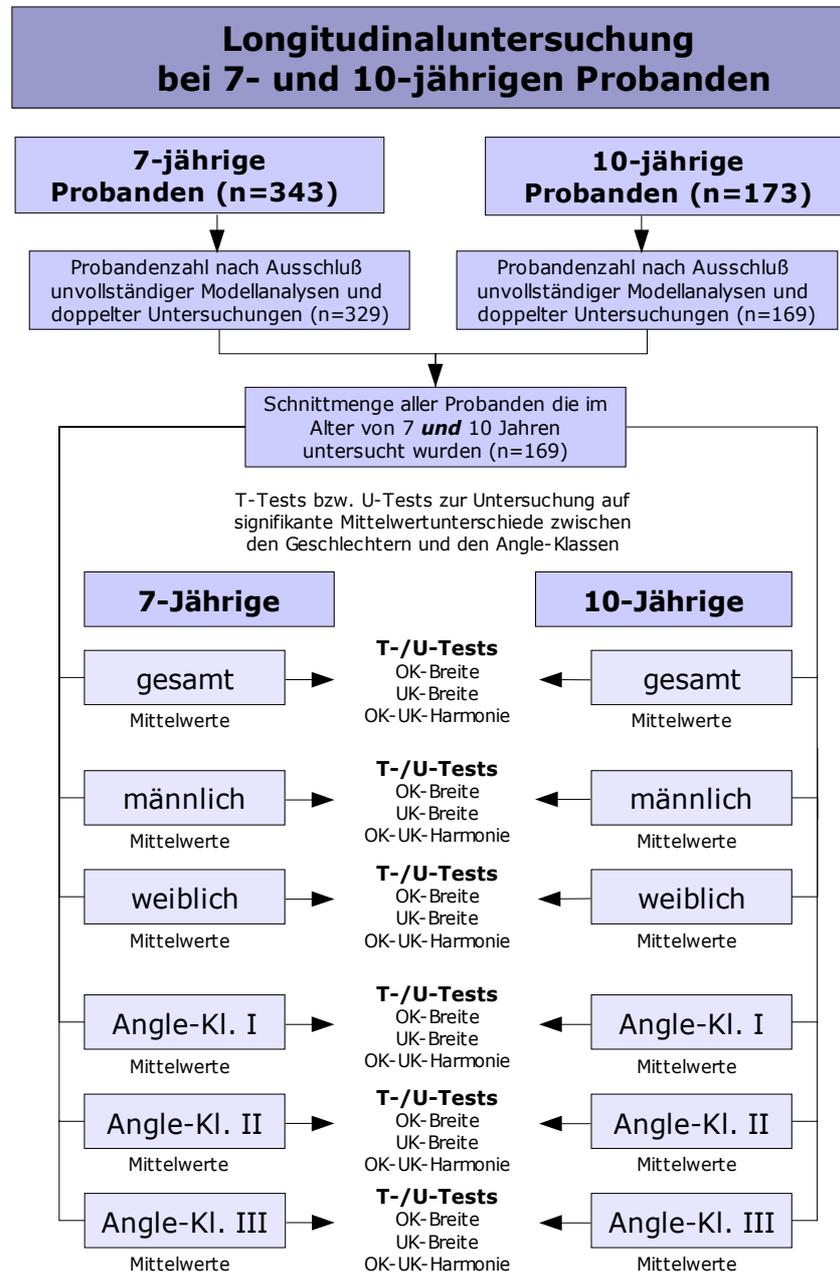


Abbildung 36: Roadmap der Longitudinaluntersuchung

Abbildung 36 zeigt die Vorgehensweise der Auswertung für den longitudinalen Vergleich der 7- und 10-Jährigen. Die Probandenzahl, welche zur Auswertung genutzt werden kann, setzt sich (nach Ausschluss der unvollständigen Modellanalysen und der innerhalb eines Lebensjahres zweimal untersuchten Schüler) aus 169 Schülern zusammen.

men, die sowohl im Alter von 7 als auch von 10 Jahren an der Studie teilgenommen haben.

Analog zu dem in Kapitel 2.4.1 beschriebenen *Procedere* wird auch für die longitudinale Untersuchung verfahren: nach Überprüfung der Verteilungsform und der Testung auf eventuell bestehende Signifikanzen zwischen kieferorthopädisch behandelten und nicht kieferorthopädisch behandelten Kindern, die bei Bestehen eine differenzierte Betrachtung erfordern, werden die Mittelwerte mittels Tests für gepaarte Stichproben miteinander verglichen. Mittelwerttests für gepaarte Stichproben beschreiben die Veränderungen der transversalen Werte mit höherer Aussagekraft als Untersuchungen, die mittels ungepaarter Stichproben unterschiedliche Individuen im Alter von 7 und 10 Jahren miteinander vergleichen würden. Die Vergleiche erfolgen zwischen diesen Altersklassen zunächst innerhalb der Gesamtgruppe, dann in den Untergruppen männlich/weiblich und schließlich in den Angle-Klassen I, II und III für die folgenden Variablen:

1. *Maxilläre intermolare Distanz* = OK- Breite
2. *Mandibuläre intermolare Distanz* = UK- Breite
3. *Intermaxilläre Harmonie* = OK-Breite – UK- Breite (Differenz)

### **3. Ergebnisse**

#### **3.1 Detaillierte Darstellung des Probandenguts**

##### **3.1.1 Probandengut der Querschnittsuntersuchung (9-Jährige)**

Im Rahmen der klinischen Untersuchungen wurden bei insgesamt 420 Probanden im Alter von 9 Jahren Situationsmodelle des Ober- und Unterkiefers angefertigt. Bei sechs Kindern konnten aufgrund fehlender Referenzzähne bzw. aufgrund beschädigter Gipsmodelle keine Modellanalysen durchgeführt werden. Bei den jährlichen Untersuchungen kam es vor, dass Probanden kurz nach ihrem 9. Geburtstag, sowie im nächsten Jahr kurz vor ihrem 10. Geburtstag untersucht wurden, sodass einige Testpersonen im Alter von 9 Jahren zweimal teilnahmen. In diesen Fällen ging jeweils nur ein Untersuchungstermin in die Statistik ein, wodurch sich die Gesamtzahl reduzierte. Weiterhin erwiesen sich die Messwerte von sieben Probanden als fehlerhaft und bei 46 Probanden konnten aufgrund der noch nicht vollständig durchgebrochenen Dentes permanentes in dem Oberkieferfrontzahnbereich keine Breitensummen der Inzisiven ( $BSI_{OK}$ ) berechnet werden, sodass diese Probanden exkludiert wurden.

Es bilden daher 336 Probanden die Untersuchungsgrundlage für die Querschnittsanalyse der 9-jährigen Kinder, bestehend aus 157 Jungen und 179 Mädchen (Abbildung 24, Seite 29).

Von den 336 Probanden war bei 95 Kindern bereits eine kieferorthopädische Behandlung begonnen worden (Abbildung 37). Auffällig ist, dass davon 59 Probanden weiblich und nur 36 Probanden männlich sind.

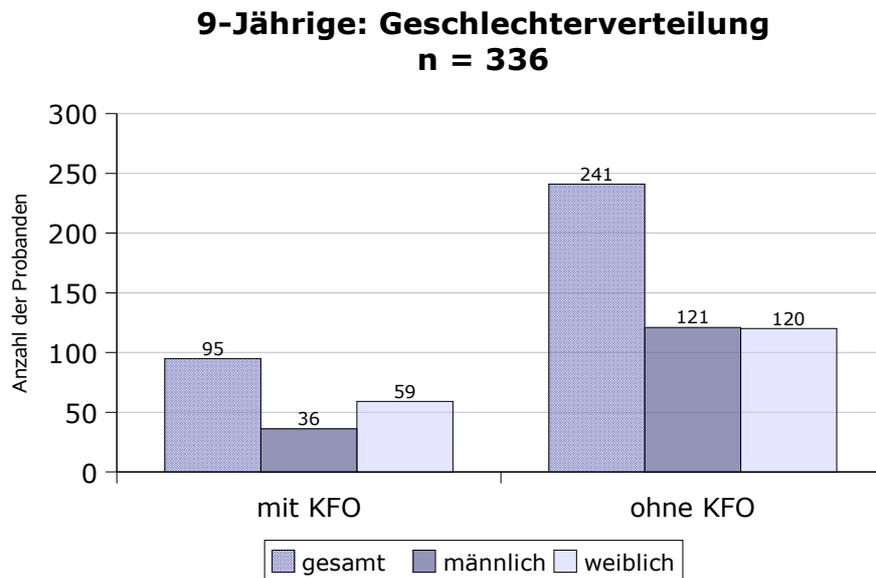


Abbildung 37: 9-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung)  
Bei 71,7 % der Probanden (121 männliche, 120 weibliche) wurde die Frage nach einer begonnenen bzw. abgeschlossenen KFO-Behandlung negativ beantwortet.  
Bezüglich der Modellanalysen erfolgte eine Klassifizierung nach Angle-Klassen im Bereich der 6 -Jahr-Molaren.

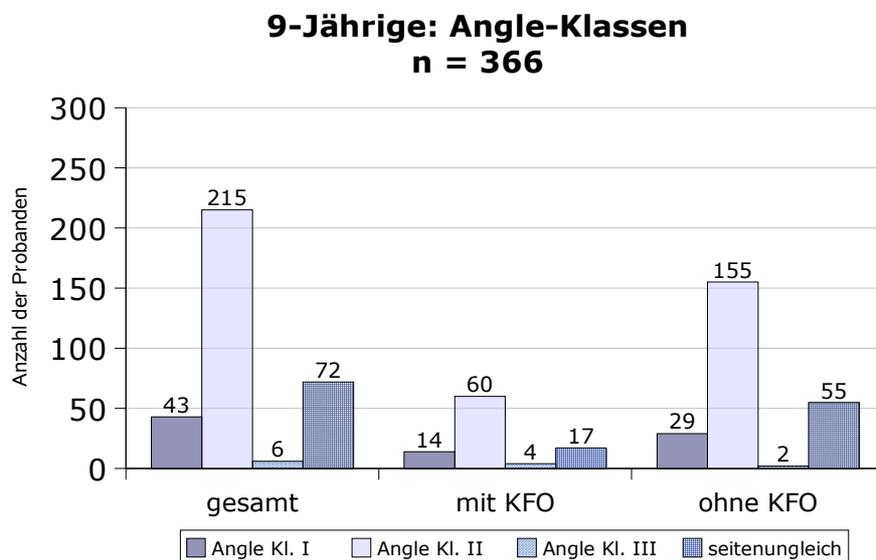


Abbildung 38: 9-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung)  
Für eine spätere eindeutige Gruppierung nach 'Angle-Klassen' gehen in die Studie nur Modelle mit beiderseits einheitlicher Klassifikation ein, d.h. die 72 Modellpaare mit seitenungleichen Befunden wurden bei den weiteren Berechnungen nicht berücksichtigt

(Abbildung 38). 43 Modellpaare zeigten beidseitig eine Angle-Klasse I-Verzahnung, 215 Modellpaare eine Angle-Klasse II und bei nur 6 Probanden wurde im Molarenbereich eine beidseitige Angle-Klasse III-Okklusion festgestellt. Da die Gruppe der Angle-Klasse III Probanden mit sechs Probanden sehr klein ist, kann diese nicht in die Auswertungen einbezogen werden.

### **3.1.1 Probandengut der longitudinalen Auswertung (7- und 10-Jährige)**

Im Rahmen der longitudinalen Untersuchung wurden die Daten jener Probanden ausgewertet, die im Alter von 7 **und** 10 Jahren an der Studie teilgenommen haben.

Die Probandengruppe der 7- Jährigen umfasste ursprünglich 343 siebenjährige Kinder. Nach Ausschluss unvollständiger Modellanalysen und doppelt untersuchter Probanden verblieben 329 siebenjährige Schüler (Abbildung 22, Seite 27). Da das Ziel der Untersuchung Mittelwertvergleiche gepaarter Stichproben ist, d.h. dass es sich bei den 7- Jährigen und 10- Jährigen jeweils um dasselbe Individuum handeln muss, wurden nur diejenigen Siebenjährigen in die Auswertung einbezogen, die im Alter von 10 Jahren nachuntersucht werden konnten. Dabei reduziert sich die Zahl der Probanden auf 169 Kinder (Abbildung 39).

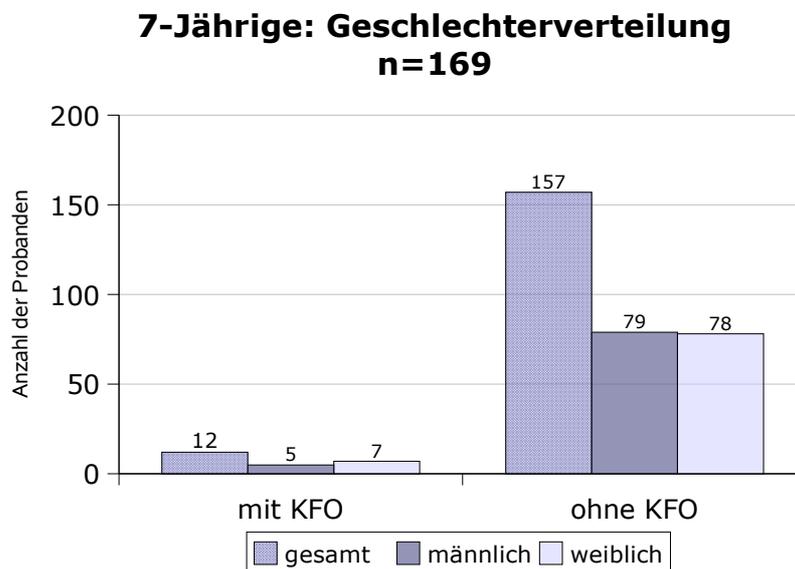


Abbildung 39: 7-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung)

In der Gruppe der 10-Jährigen konnten von ursprünglich 173 Modellanalysen nach Abzug unvollständiger Analysen und doppelter Untersuchungen 169 Probanden dokumentiert werden, die schon im Alter von 7 Jahren an der Untersuchung teilgenommen haben (Abbildung 40).

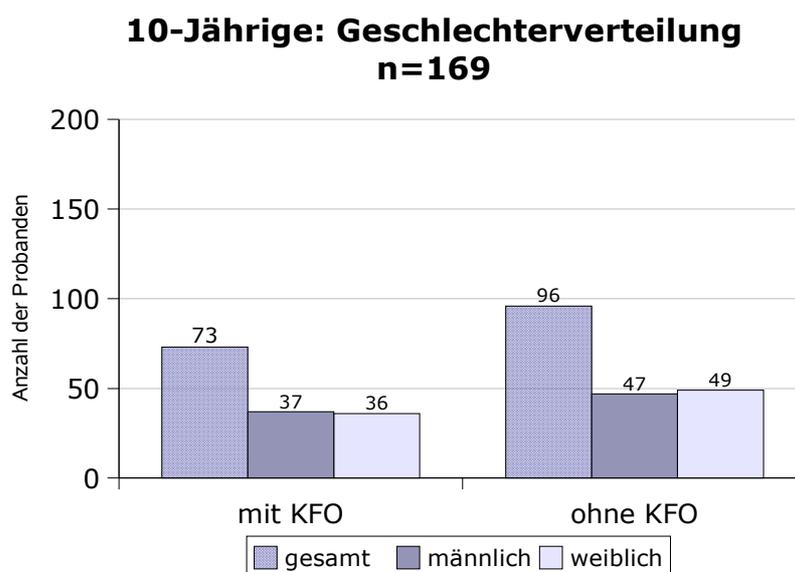


Abbildung 40: 10-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung)

Von den 169 Schülern für die Longitudinalstudie sind 84 männlich und 85 weiblich. In

der Gruppe der Zehnjährigen waren bereits 37 männliche und 36 weibliche Patienten in kieferorthopädischer Behandlung oder hatte diese bereits abgeschlossen (Abbildung 40). Da in der späteren Auswertung ein möglicher Einfluss einer KFO-Behandlung berücksichtigt werden muss, ist für jede der auszuwertenden Variablen wie z.B. den transversalen Breitenmessungen eine Analyse auf signifikante Unterschiede durchzuführen. Für den Fall, dass ein signifikanter Einfluss durch eine kieferorthopädische Therapie gegeben ist, werden nur jene Testpersonen betrachtet, die sich bis zum 10. Lebensjahr noch keiner kieferorthopädischen Behandlung unterzogen haben. Dabei würde sich die auszuwertende Anzahl auf 91 Probanden (keine KFO mit 7 Jahren und keine KFO mit 10 Jahren) stark reduzieren (Abbildung 41), da bei einigen der Kinder mit anfänglicher Verneinung der Frage nach einer KFO-Behandlung in der Zeit zwischen dem 8. und 10. Lebensjahr eine solche begonnen wurde.

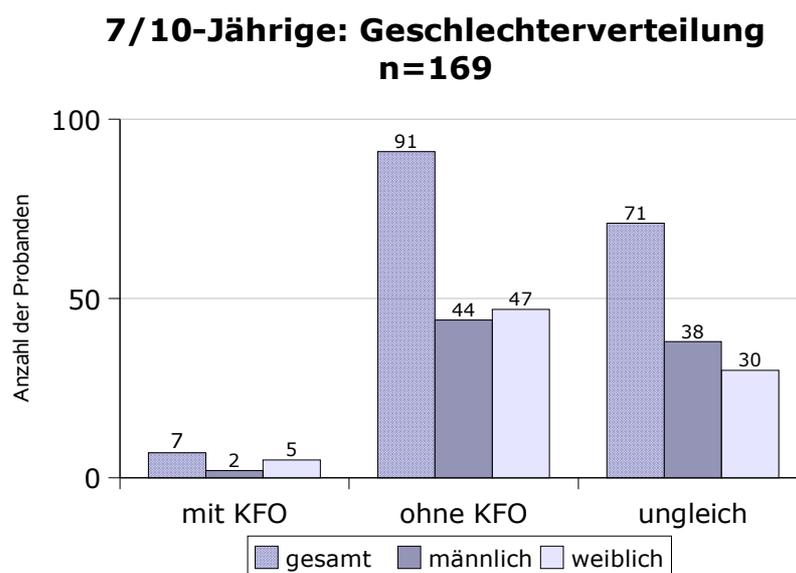


Abbildung 41: 7/10-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung)

D.h. bei 98 Probanden ist mit 7 Jahren der gleiche KFO-Status wie mit 10 Jahren zu finden. Bei 71 Kindern ist der KFO-Status mit 7 und mit 10 Jahren jedoch unterschiedlich. Würde man nur die Probanden betrachten, die weder mit 7 Jahren noch mit 10 Jahren eine kieferorthopädische Behandlung angaben, verblieben demnach noch 91 Probanden.

Bezüglich der prospektiv geplanten Aufteilung des Probandenguts nach Angle-Klassen, ergaben sich folgende relative Häufigkeiten (Abbildung 42,43 und 44):

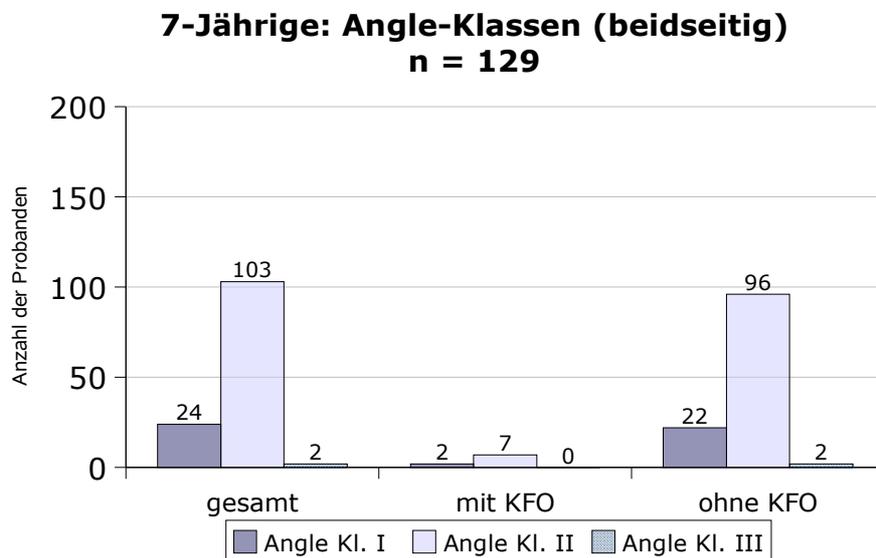


Abbildung 42: 7-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung)

Um eine sinnvolle Einteilung nach Angle Klassen (Okklusion im Bereich der 6-Jahr-Molaren) zu bewerkstelligen, sollen nur die Probanden mit **beidseitig gleicher** Angle-Klasse in die Studie eingehen. Bei den 7-Jährigen sind dieses 129 Probanden, von denen 24 eine Angle-Klasse I, 103 eine Angle-Klasse II und nur 2 Kinder eine beidseitige Klasse III Verzahnung aufweisen (Abbildung 42).

Bei den Zehnjährigen haben 123 Probanden seitengleiche Angle-Klassen Befunde. 29 mit Klasse I, 93 mit Klasse II und nur 1 Proband mit Klasse III (Abbildung 43).

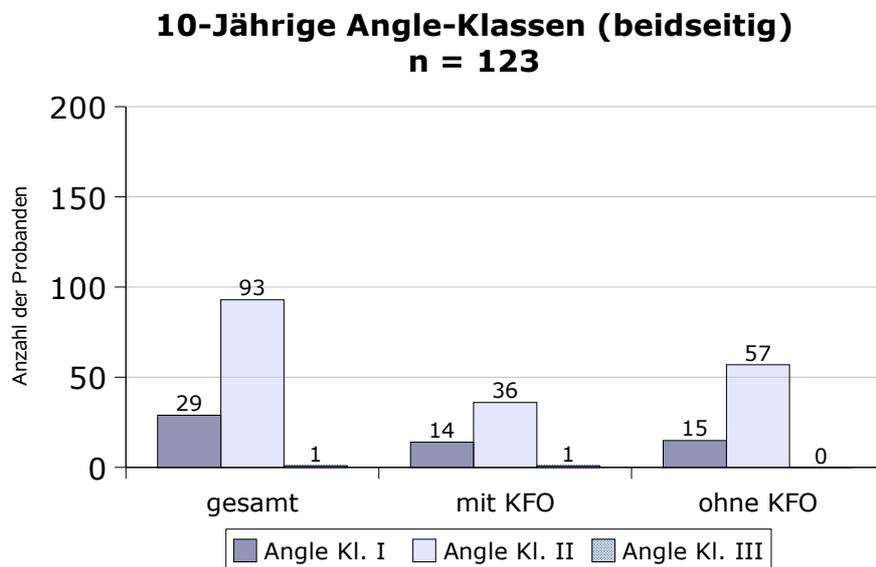


Abbildung 43: 10-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung)

Für eine sinnvolle Gruppierung nach Angle-Klassen im Rahmen des Vergleichs zwischen den Modellanalyseparametern im Alter von 7 und 10 Jahren muss gewährleistet sein, dass eine mit 7 Jahren befundete beidseitige Angle-Klasse auch im Alter von 10 Jahren noch besteht. Da sich in diesem Zeitraum aber selbst ohne therapeutisches Einwirken häufig Änderungen dieser Situation ergeben, verbleiben 88 Probanden, die mit 7 und 10 Jahren beidseitig dieselbe Angle-Klasse aufweisen (Abbildung 44).

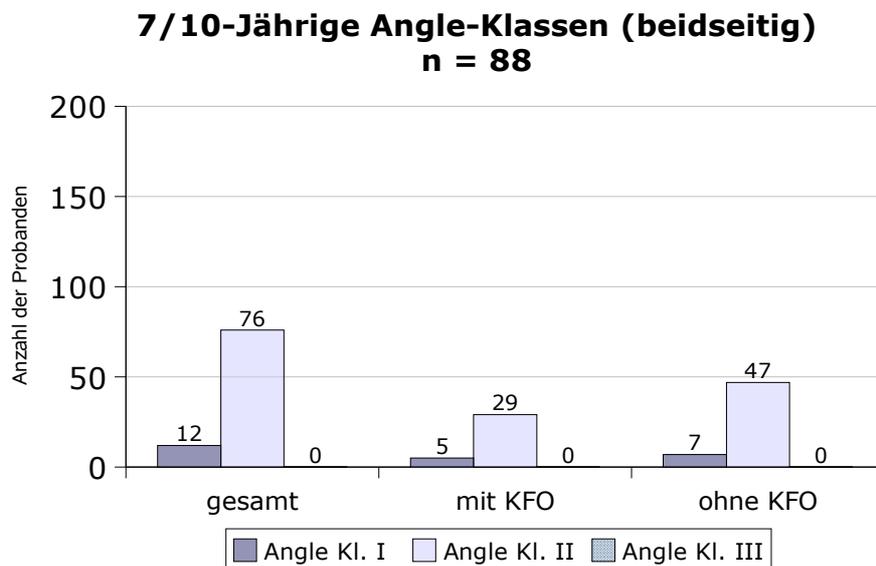


Abbildung 44: 7/10-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung)

Angle-Klasse III Fälle sind nach diesen strengen Selektionskriterien trotz der anfänglich relativ großen Probandenzahl nicht mehr vorhanden. Der angestrebte Vergleich zwischen Angle-Klasse I- und Angle-Klasse II Fällen ist aufgrund der zu geringen Anzahl der beidseitigen Angle-Klasse I Befunde (bei nur 12 Probanden) nicht durchführbar, sodass die Longitudinaluntersuchung auf den Vergleich der Gesamtgruppen bzw. der geschlechterspezifischen Untergruppen 'männlich' und 'weiblich' beschränkt wird.

### 3.2 Querschnittsuntersuchungen bei 9-jährigen Probanden

#### 3.2.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen

Um die Anzahl der Probanden für die Berechnung der Mittelwerte möglichst groß zu halten, müssen die Stichproben für die einzelnen auszuwertenden Variablen zwischen den KFO-behandelten und nicht KFO-behandelten Probanden auf signifikante Unterschiede getestet werden. Besteht kein Unterschied, kann die Gesamtzahl der Probanden in die Mittelwertberechnungen eingehen, sodass mit einer größeren Gruppenstärke aussagekräftigere Ergebnisse berechnet werden können.

Die Messwerte der Modellanalysen werden zunächst einzeln auf Normalverteilung geprüft, um die Art des notwendigen Mittelwerttests zu ermitteln. Für den Vergleich normalverteilter Stichproben werden T-Tests (nach STUDENT), für nicht-normalverteilte Stichproben U-Tests (nach MANN-WHITNEY) verwendet.

3.2.1.1 Normalverteilungstests (Kolmogorov Smirnov Tests)

Man spricht von 'normalverteilten Stichproben', wenn sich diese entsprechend der *Gaußschen-Glockenkurve* größtenteils um den Mittelwert aufhalten, wobei die Häufigkeiten zu beiden Seiten hin gleichmäßig abfallen [71]. Mit Hilfe des KOLMOGOROV-SMIRNOV-Tests (K&S-Test) wird geprüft welcher Verteilungsform die Werte einer Variablen folgen. Die Ergebnisse in Form der Irrtumswahrscheinlichkeiten (p-Werte) werden nachfolgend tabellarisch dargestellt, wobei jede Tabelle eine bestimmte Gruppe repräsentiert. Normalverteilte Stichproben zeichnen sich durch p -Werte  $> 0,05$  aus, da hier laut Testlogik **keine** signifikante **Abweichung** von der Normalverteilung ermittelt wurde.

Für die Querschnittsuntersuchung bei den 9-jährigen Probanden werden als Variablen die transversalen Breitenmessungen im Ober- und Unterkiefer (*Maxilläre und mandibuläre intermolare Distanzen*), die Differenzen zwischen der Ober- und Unterkieferbreite (*Intermaxilläre Harmonie*), sowie die Differenzen zwischen den nach SCHMUTH [56] berechneten und der individuellen  $BSI_{OK}$  entsprechenden Normwerten und den in dieser Studie gemessenen transversalen Breiten beider Kiefer (*Relation transversale Breite zur Oberkiefer-BSI*) betrachtet.

Zunächst werden die Ergebnisse der Normalverteilungstests (K&S-Tests) für die Gesamtstichproben der einzelnen Variablen aufgeführt (Tabelle 3).

9-Jährige: Normalverteilungstests						
Alle Testvariablen	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte	Intermax. Harmonie OK-UK p-Werte	Relation OK-Breite zu $BSI_{OK}$ p-Werte	Relation UK-Breite zu $BSI_{OK}$ p-Werte
gesamt	336	0,997	0,960	<b>0,001***</b>	0,745	0,684
männlich	157	0,984	0,996	<b>0,001***</b>	0,940	0,991
weiblich	179	0,998	0,992	0,194	0,859	0,807
Angle-Kl. I	43	0,604	0,873	0,503	0,804	0,928
Angle-Kl. II	215	0,946	0,772	<b>0,001***</b>	0,685	0,894
Angle-Kl. III	6	-	-	-	-	-

Tabelle 3: 9-Jährige K&amp;S-Tests (gesamt): Alle Testvariablen

Bis auf die Variable *'Intermaxilläre Harmonie'* zeigen sich die Stichproben der Gesamtgruppen normalverteilt (Tabelle 3). In den Stichproben der *'Intermaxillären Harmonie'* ist die Gesamtgruppe, die Gruppe der männlichen Probanden und die Gruppe der Angle -Klasse II Probanden nicht normalverteilt (es bestehen höchstsignifikante Abweichungen von der Normalverteilung). Diese Gruppen müssen bei den folgenden Auswertungen differenziert betrachtet werden. Angle -Klasse III Befunde werden aufgrund der geringen Anzahl von nur 6 Probanden nicht berücksichtigt (siehe Abbildung 38, Seite 46).

Für die Auswahl des korrekten Mittelwerttests zum Vergleich der Stichproben 'mit KFO' und 'ohne KFO' auf signifikante Unterschiede, ist die Verteilungsform dieser Untergruppen zu prüfen. Die Ergebnisse für die Variablen *'Intermolare Distanzen'* und *'Intermaxilläre Harmonie'* sind in den Tabellen 4 und 5 aufgeführt.

9-Jährige: Normalverteilungstests						
Intermolare Distanzen	mit KFO			ohne KFO		
	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte
gesamt	95	0,956	0,855	241	1,000	0,999
männlich	36	1,000	0,888	121	0,951	0,987
weiblich	59	0,927	0,819	120	0,906	0,993
Angle-Kl. I	14	0,719	0,985	29	0,834	0,954
Angle-Kl. II	60	0,964	0,715	155	0,997	0,996
Angle-Kl. III	4	-	-	2	-	-

Tabelle 4: 9-Jährige K&S-Tests: Intermolare Distanzen

Die Stichproben der *'Intermolaren Distanzen'* weichen in allen Gruppen, ob 'mit KFO' oder 'ohne KFO' nicht signifikant von der Normalverteilung ab und sind folglich normalverteilt (Tabelle 4).

9-Jährige: Normalverteilungstests				
Intermaxilläre Harmonien	mit KFO		ohne KFO	
	n	p-Werte	n	p-Werte
gesamt	95	0,353	241	<b>0,004**</b>
männlich	36	0,204	121	<b>0,006**</b>
weiblich	59	0,751	120	0,250
Angle-Kl. I	14	0,679	29	0,347
Angle-Kl. II	60	0,375	155	<b>0,008**</b>
Angle-Kl. III	4	-	2	-

Tabelle 5: 9-Jährige K&amp;S-Tests: Intermaxilläre Harmonien

Die Ergebnisse der K&S-Tests für die *'Intermaxilläre Harmonie'* zeigen auch in der differenzierten Betrachtung zwischen den KFO- und Nicht-KFO-Stichproben in drei Gruppen (ohne KFO gesamt/männlich/Angle-Kl. II) p -Werte  $\leq 0,05$  und belegen somit eine signifikante Abweichung von der Normalverteilung (Tabelle 5). Daher wird im weiteren zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben in den genannten Fällen der nicht-parametrische U -Test nach MANN UND WHITNEY verwendet.

9-Jährige: Normalverteilungstests						
Differenzen zu Sollwerten der transversalen Breiten	mit KFO			ohne KFO		
	n	Relation OK-Breite zu BSI-OK p-Werte	Relation UK-Breite zu BSI-OK p-Werte	n	Relation OK-Breite zu BSI-OK p-Werte	Relation UK-Breite zu BSI-OK p-Werte
gesamt	95	0,708	0,829	241	0,889	0,696
männlich	36	0,894	0,987	121	0,887	0,902
weiblich	59	0,972	0,729	120	0,951	0,688
Angle-Kl. I	14	0,849	0,879	29	0,947	0,991
Angle-Kl. II	60	0,536	0,911	155	0,622	0,761
Angle-Kl. III	4	-	-	2	-	-

Tabelle 6: 9-Jährige K&amp;S-Tests: Sollwertdifferenzen der transversalen Breiten

In keiner der relevanten Probandengruppen ist bezüglich der Variablen für die *'Sollwertdifferenzen der transversalen Breiten'* ein signifikanter Unterschied von der Normalverteilung feststellbar (Tabelle 6). Sie sind also hinreichend normalverteilt, sodass für den

analytisch-statistischen Mittelwertvergleich der KFO- und Nicht-KFO-Probanden der T-Test nach STUDENT zur Anwendung kommen kann.

### 3.2.1.2 Vergleich zwischen behandelten und nicht behandelten Probanden

Zur Klärung, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den bereits in KFO-Behandlung befindlichen und nicht KFO-behandelten Probanden besteht, werden parametrische und nicht-parametrische Mittelwerttests verwendet. Im Folgenden werden die gegebenen Mittelwerte sowie Irrtumswahrscheinlichkeiten (p-Werte) tabellarisch dargestellt. Im Falle von  $p \leq 0,05$  sind die p-Werte fett gedruckt dargestellt und machen eine differenzierte Betrachtung der betroffenen Gruppe erforderlich, da hier Unterschiede zwischen den Gruppen 'mit KFO' und 'ohne KFO' imponieren. Da innerhalb der Querschnittsstudie bei 9-Jährigen das Teilziel der Studie die Ermittlung von nativen Mittelwerten ist, müssen Einflüsse durch eine kieferorthopädische Behandlung ausgeschlossen werden und demnach Probanden mit KFO-Behandlung exkludiert werden.

In Tabelle 7 werden die Mittelwerte und Irrtumswahrscheinlichkeiten dargestellt und gezeigt, ob ein signifikanter Unterschied bezüglich der *'Intermolaren Distanzen'* im Ober- und Unterkiefer innerhalb der Gesamtgruppe der 9-Jährigen besteht. Laut Tabelle 4 weichen alle zu vergleichenden Stichproben *nicht* signifikant von der Normalverteilung ab ( $p > 0,05$ ), sodass T-Tests zum Einsatz kommen.

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Werte
Alle Probanden	Oberkiefer	mit KFO	95	45,5	0,948
		ohne KFO	241	45,5	
	Unterkiefer	mit KFO	95	47,0	0,342
		ohne KFO	241	46,7	

Tabelle 7: 9-Jährige Vergleich (OK/UK): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

In der Gesamtgruppe der 9-jährigen Probanden besteht weder für die Oberkieferbreite noch für die Unterkieferbreite ein signifikanter Unterschied bei Patienten mit und ohne kieferorthopädische Behandlung. Daraus folgt, dass kein Grund besteht die bereits in Therapie befindlichen Patienten zu exkludieren. Es können also für die weiteren Aus-

wertungen die Gesamtgruppen betrachtet werden.

Die Tatsache, dass aus den Gesamtgruppen bezüglich der intermolaren Distanz keine Probanden mit KFO-Behandlung ausgeschlossen werden müssen (siehe Tabelle 7), lässt nicht die Schlussfolgerung zu, dass auch Untergruppen wie z.B. die Geschlechtergruppen ebenfalls dieser Erkenntnis folgen. Daher werden in Tabelle 8 die Vergleichstests für die männliche und weibliche Gruppe differenziert durchgeführt.

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Werte
männlich	Oberkiefer	mit KFO	36	46,00	0,846
		ohne KFO	121	45,90	
	Unterkiefer	mit KFO	36	47,41	0,470
		ohne KFO	121	47,06	
weiblich	Oberkiefer	mit KFO	59	45,12	0,872
		ohne KFO	120	45,05	
	Unterkiefer	mit KFO	59	46,70	0,283
		ohne KFO	120	46,33	

Tabelle 8: 9-Jährige Vergleich (m/w): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

Die Mittelwerttests (T-Tests für normalverteilte Stichproben) zeigen, dass auch in den Untergruppen 'männlich' und 'weiblich' für die Variable 'Intermolare Distanz' weder im Ober- noch im Unterkiefer Probanden mit begonnener KFO-Behandlung ausgeschlossen werden müssen. Folglich steht für die weiteren Analysen die gesamte Anzahl der 9-jährigen Probanden innerhalb der Geschlechtergruppen zur Verfügung.

Auch bezüglich der Gruppierung nach Angle-Klassen sind Normalverteilungstests notwendig, um eine ggf. gemeinsame Betrachtung der Probanden mit und ohne KFO-Behandlung zu rechtfertigen. Tabelle 4, Seite 54 beweist, dass auch hier T-Tests zur Anwendung kommen dürfen, da die zu vergleichen Stichproben hinreichend normalverteilt sind. Patienten mit Angle-Klasse III mussten aus der Studie ausgeschlossen werden, da insgesamt nur sechs der 9-jährigen Probanden beidseitig eine Klasse III Verzahnung aufwiesen (Abbildung 38).

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Werte
<b>Angle-Kl. I</b>	Oberkiefer	mit KFO	14	46,5	0,262
		ohne KFO	29	45,7	
	Unterkiefer	mit KFO	14	46,4	0,521
		ohne KFO	29	46,9	
<b>Angle-Kl. II</b>	Oberkiefer	mit KFO	60	45,1	0,895
		ohne KFO	155	45,1	
	Unterkiefer	mit KFO	60	47,1	0,099
		ohne KFO	155	46,5	

Tabelle 9: 9-Jährige Vergleich (Angle-Klassen): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

In Tabelle 9 wird deutlich, dass auch in den Untergruppen nach Angle-Klassen keine gesonderte Betrachtung der Probanden mit und ohne KFO bezüglich der intermolaren Distanzen stattfinden muss und im Folgenden die Mittelwertberechnungen anhand der Gesamtgruppen durchgeführt werden können.

Im Gegensatz zu der Variablen 'Intermolare Distanz' folgen einige Stichproben für die Mittelwerte der Variablen 'Intermaxilläre Harmonie' zwischen Ober- und Unterkiefer laut K&S-Tests nicht der Normalverteilung (Tabelle 5, Seite 55). Daher wird zum Vergleich zweier unabhängiger Stichproben auf gegebenenfalls vorliegende signifikante Unterschiede nachfolgend der U-Test nach MANN UND WHITNEY verwendet [71].

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (U-Tests)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Wert
<b>Alle Probanden</b>	Diff. OK-UK	mit KFO	95	-1,5	0,118
		ohne KFO	241	-1,2	

Tabelle 10: 9-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

Tabelle 10 zeigt bezüglich der Gesamtgruppe für die Differenzen aus OK- und UK-Breite keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,118$ ) zwischen den kieferorthopädisch behandelten und nicht behandelten Patienten.

Da auch in den Untergruppen nach Geschlechtern nicht-normalverteilte Stichproben auftraten (siehe Tabelle 5, Seite 55), wird für die Mittelwertvergleiche ebenfalls der nicht-parametrische U-Test verwendet [71].

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (U-Tests)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Werte
männlich	Diff. OK-UK	mit KFO	36	-1,4	0,455
		ohne KFO	121	-1,2	
weiblich	Diff. OK-UK	mit KFO	59	-1,6	0,207
		ohne KFO	120	-1,3	

Tabelle 11: 9-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

Bezüglich der *'Intermaxillären Harmonie'* lassen sich ebenfalls die Gesamtgruppen der männlichen und weiblichen Probanden unabhängig von ihrem KFO-Behandlungsstatus betrachten (Tabelle 11).

In Tabelle 5 (Seite 55) ist dokumentiert, dass die Stichprobe der nicht-behandelten Angle -Klasse II Probanden keine Normalverteilung aufweist. Folglich beruhen auch die Ergebnisse der Mittelwerttests in Tabelle 12 auf der Verwendung von U -Tests.

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (U-Tests)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Werte
Angle-Kl. I	Diff. OK-UK	mit KFO	14	0,2	<b>0,041*</b>
		ohne KFO	<b>29</b>	-1,2	
Angle-Kl. II	Diff. OK-UK	mit KFO	60	-2,0	<b>0,003***</b>
		ohne KFO	<b>155</b>	-1,3	

Tabelle 12: 9-Jährige Vergleich (Angle-Klassen): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

In den Untergruppen Angle-Klasse I und Angle-Klasse II sind erstmals signifikante Unterschiede zwischen KFO-behandelten und nicht KFO-behandelten Schülern festzustellen. In beiden Gruppen müssen für die folgenden Berechnungen die Probanden mit begonnener oder abgeschlossener KFO-Behandlung exkludiert werden. Die auszuwertende Anzahl reduziert sich somit in der Gruppe der Angle-Klasse I Probanden auf  $n = 29$  (ohne KFO) und in der Gruppe der Angle-Klasse II Probanden auf  $n = 155$  (Tabelle 12).

Bezüglich der Differenzen zu den Sollwerten der berechneten transversalen Breiten im Ober- und Unterkiefer zeigt Tabelle 6, Seite 55, dass alle Stichproben hinreichend normalverteilt sind um T-Tests anzuwenden.

<b>9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)</b>					
<b>Differenzen zu Sollwerten der transversalen Breiten</b>		mit/ohne KFO	n		p-Werte
<b>Alle Probanden</b>	Oberkiefer	mit KFO	95	-0,4	0,205
		ohne KFO	241	0,6	
	Unterkiefer	mit KFO	95	1,2	0,700
		ohne KFO	241	1,3	

Tabelle 13: 9-Jährige Vergleich: Differenzen zu Sollwerten der OK-/UK-Breiten mit/ohne KFO

In der Gesamtgruppe der 9-Jährigen muss laut Tabelle 13 keine Unterscheidung zwischen Probanden mit und ohne KFO-Behandlung getroffen werden.

Auch in den Untergruppen der Geschlechter zeigen die Normalverteilungstest (Tabelle 6, Seite 55) keine signifikante Abweichungen von der Normalverteilung. Folglich sind auch hier T-Tests angezeigt.

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Differenzen zu Sollwerten der transversalen Breiten		mit/ohne KFO	n		p-Werte
männlich	Oberkiefer	mit KFO	36	0,1	0,976
		ohne KFO	121	0,1	
	Unterkiefer	mit KFO	36	1,5	0,621
		ohne KFO	121	1,3	
weiblich	Oberkiefer	mit KFO	59	-0,7	0,097
		ohne KFO	120	0,3	
	Unterkiefer	mit KFO	59	0,9	0,354
		ohne KFO	120	1,3	

Tabelle 14: 9-Jährige Vergleich (m/w): Differenzen zu Sollwerten der OK-/UK-Breiten mit/ohne KFO

In Tabelle 14 wird deutlich, dass auch hier keine Differenzierung nach dem KFO-Behandlungsstatus stattfinden muss und die Gesamtgruppen für die Variable 'Differenzen zu Sollwerten der transversalen Breiten' analysiert werden können.

Tabelle 6, Seite 55 liefert auch für die nachfolgenden KFO/Nicht-KFO-Vergleiche den Nachweis für die legitime Anwendung von T-Tests in Tabelle 61.

9-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Differenzen zu Sollwerten der transversalen Breiten		mit/ohne KFO	n		p-Werte
Angle-Kl. I	Oberkiefer	mit KFO	14	0,5	0,763
		ohne KFO	29	0,2	
	Unterkiefer	mit KFO	14	0,3	0,244
		ohne KFO	29	1,4	
Angle-Kl. II	Oberkiefer	mit KFO	60	-0,8	0,220
		ohne KFO	155	-0,3	
	Unterkiefer	mit KFO	60	1,2	0,747
		ohne KFO	155	1,1	

Tabelle 15: 9-Jähriger Vergleich (Angle-Klassen): Differenzen zu Sollwerten der OK-/UK-Breiten mit/ohne KFO

Die in Tabelle 15 dokumentierten Daten erlauben auch hier eine Zusammenfassung der Gruppen 'KFO' und 'Nicht-KFO'.

### 3.2.2 Maxilläre und mandibuläre transversale Breiten

In Anlehnung an das Modellanalyseverfahren zur Bestimmung der Pont-Relation [58] sind die Messpunkte der vorliegenden Arbeit für die Untersuchung der Breitenverhältnisse im hinteren Zahnbogensegment festgelegt worden. Die maxilläre transversale Breite stellt sich als Distanz zwischen den zentralen Fossae der 6-Jahr-Molaren des Oberkiefers dar. Analog dazu wird die mandibuläre transversale Breite als Distanz zwischen den distobukkalen Höckerspitzen der Unterkiefer 6-Jahr Molaren angegeben (siehe dazu Kapitel 2.3.1 und Abbildung 15+16, Seite 18+17).

#### 3.2.2.1 Darstellung der Mittelwerte

Im Folgenden werden die nach der Probandenselektion errechneten Mittelwerte der posterioren maxillären und mandibulären transversalen Breiten (*Intermolare Distanzen*) für die einzelnen Gruppen mit ihren umgebenden Werten tabellarisch dargestellt. Dazu gehören neben den arithmetischen Mittelwerten ( $\bar{x}$ ), die minimalen und maximalen Werte (min und max), die Standardabweichung ( $s$ ) sowie der Median und der Variationskoeffizient ( $V$ ).

Der Variationskoeffizient  $V$  ist per definitionem eine Relativierung der Standardabweichung  $s$  am Mittelwert  $x$  [71]

$$V = \frac{s}{x}$$

und kann mit dem Faktor 100 multipliziert und als Variationskoeffizient in Prozent ( $V\%$ ) angegeben werden. Dieser eignet sich somit auch zum Vergleich der Dispersion von Stichproben mit unterschiedlichen absoluten Mittelwerten. Der Median ist ein gegen Ausreißer unempfindlicher Wert. Er gibt den Wert an, unter dem bzw. über dem jeweils die Hälfte der Messwerte liegen. Er wird zur Darstellung von Mittelwerten bei nicht normalverteilten Stichproben verwendet.

Zur Visualisierung der Lage und der Streuung der unterschiedlichen Mittelwerte dienen im Folgenden Boxplots. Ein Boxplot fügt sich aus einem oberen und einem unteren Quartil zusammen, die durch den Median (als Strich innerhalb der Box gekennzeichnet)

voneinander getrennt sind. Zwischen Median und dem jeweiligen Quartil liegen jeweils 25 % der Verteilung, ebenso links des unteren und rechts des oberen Quartils. Die maximalen und minimalen Werte ( $x_{\max}/x_{\min}$ ) sind als Linien (“whiskers”) und Ausreißer als Kreise außerhalb der Box dargestellt.

In Tabelle 16 werden die berechneten Mittelwerte für die 'Intermolaren Distanzen' des Oberkiefers dargestellt. Neben der Dokumentation der Werte für die Gesamtgruppe, sind die Mittelwerte zusätzlich bezüglich der Geschlechter, sowie der Angle-Klassen Befunde 'Klasse I' und 'Klasse II' differenziert.

9-Jährige: Mittelwerte							
OK: Intermolare Distanzen (in mm)	n		min	max	Median	s	V(%)
gesamt	336	45,5	37,8	53,0	45,5	2,4	5,3
männlich	157	45,9	37,8	53,0	46,0	2,6	5,7
weiblich	179	45,1	39,2	51,0	45,0	2,3	5,1
Angle-Kl. I	43	46,0	42,1	53,0	45,8	2,3	5,0
Angle-Kl. II	215	45,1	37,8	51,4	45,0	2,5	5,5

Tabelle 16: 9-Jährige Mittelwerte: Maxilläre intermolare Distanzen

Bei den 9-jährigen Probanden ist im Oberkiefer demnach eine mittlere intermolare Distanz von 45,5 mm gemessen worden (Abbildung 45). Die mm-Angaben sind auf 1/10 mm gerundet, da dieses der Messgenauigkeit einer Schieblehre entspricht und auch über elektronische Bildschirmvermessungen keine genaueren Modellmessungen möglich sind. Alle Berechnungen erfolgten intern aber mit der ursprünglichen Anzahl an Nachkommastellen.

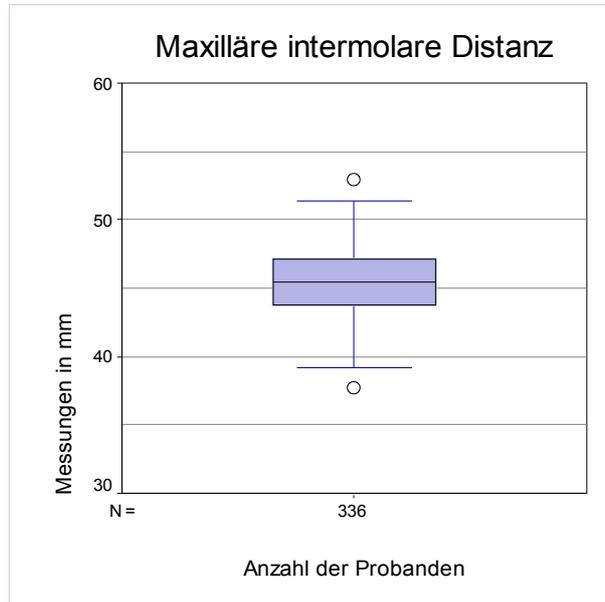


Abbildung 45: 9-Jährige Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz

Schon bei der deskriptiven Betrachtung fällt auf (Tabelle 16), dass die intermolaren Breiten bei männlichen Probanden mit 45,9 mm offensichtlich bereits im Alter von 9 Jahren größer sind als bei gleichaltrigen weiblichen Probanden mit 45,1 mm (Abbildung 46). Ob es sich hierbei um statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern handelt, wird später geprüft.

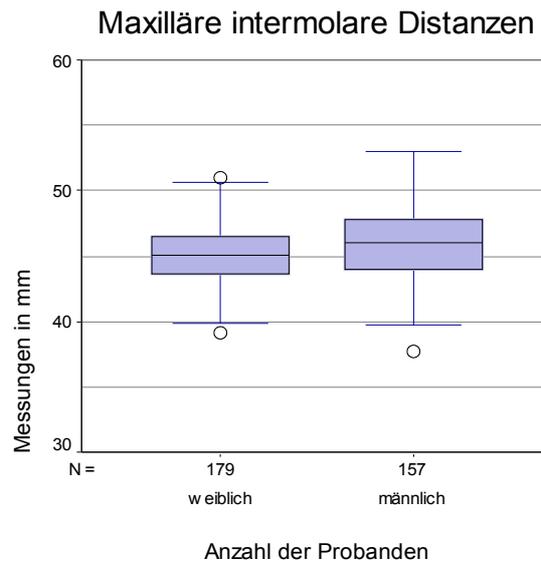


Abbildung 46: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Maxilläre intermolare Distanzen

Bezüglich der Angle-Klassen ist ebenfalls eine Differenz der Mittelwerte um fast 1 mm festzustellen (Tabelle 16, Abbildung 47). Bei Angle-Klasse I Probanden (46 mm) ist die intermolare Breite im Oberkiefer um 0,9 mm größer als bei Angle-Klasse II Probanden (45,1 mm). Tests auf evtl. signifikante Unterschiede sind in den nachfolgenden Kapiteln aufgeführt.

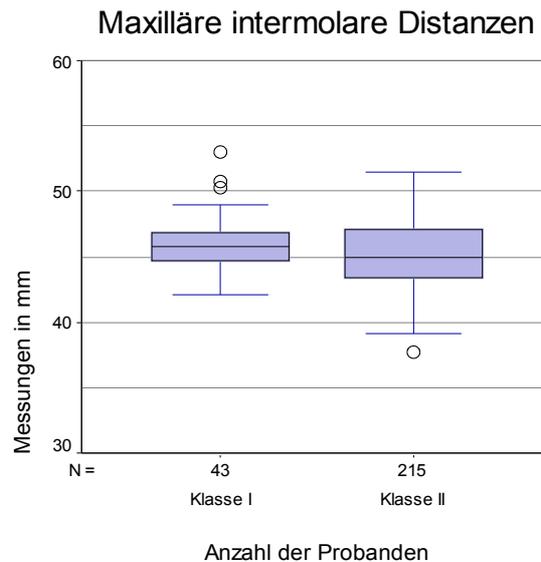


Abbildung 47: 9-Jährige (Angle-Kl. I/II) Boxplots: Maxilläre intermolare Distanzen

Die Spannweite der Messwerte liegt in der Gesamtgruppe bei 15,2 mm, d.h. die geringste transversale Breite lag bei 37,8 mm und die größte bei 53,0 mm (Tabelle 16). Anhand des Variationskoeffizienten ( $V(\%)$ ) ist feststellbar, dass die Dispersion, wie bei den recht eng zusammenliegenden Mittelwerten zu erwarten, relativ gleichmäßig ausfällt. Die Standardabweichungen liegen zwischen 2,3 mm und 2,6 mm und schwanken damit zwischen 4,9 % und 5,6 % um die Mittelwerte.

Bezüglich des Unterkiefers sind die Messwerte in Tabelle 17 dokumentiert.

9-Jährige: Mittelwerte							
UK: Intermolare Distanzen (in mm)	n		min	max	Median	s	V(%)
gesamt	336	46,8	39,7	53,0	46,8	2,4	5,1
männlich	157	47,1	41,0	53,0	47,1	2,6	5,5
weiblich	179	46,5	39,7	52,5	46,4	2,2	4,7
Angle-Kl. I	43	46,7	42,6	52,0	46,7	2,4	5,1
Angle-Kl. II	215	46,6	39,7	53,0	46,5	2,5	5,4

Tabelle 17: 9-Jährige Mittelwerte: Mandibuläre intermolare Distanzen

Der Mittelwert für die transversale Unterkieferbreite aller 9-Jährigen beträgt 46,8 mm. Die kleinste intermolare Distanz eines Unterkiefers wurde mit 39,7 mm gemessen, die größte Distanz mit 53,0 mm (Tabelle 15, Abbildung 48). Die Standardabweichung liegt zwischen 2,2 mm und 2,6 mm, während der prozentuale Variationskoeffizient zwischen 4,7 % und 5,5 % ebenfalls relativ geringfügig schwankt.

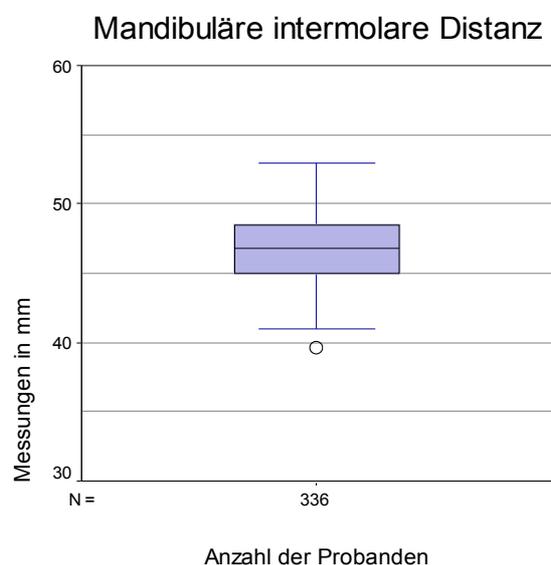


Abbildung 48: 9-Jährige Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz

Auch im Unterkiefer (Tabelle 17, Abbildung 49) ist bei männlichen 9-jährigen Probanden (47,1 mm) bereits eine größere Distanz zu messen als bei gleichaltrigen weiblichen Kindern (46,5 mm).

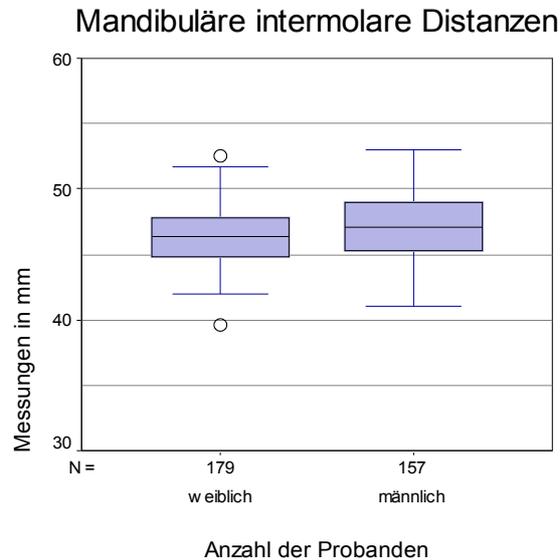


Abbildung 49: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Mandibuläre intermolare Distanzen

Bezüglich der Angle-Klassen I und II fällt auf, dass die transversale durchschnittliche Breite des Unterkiefers nur geringfügig unterschiedlich ist und sich lediglich um 0,1 mm unterscheidet (Tabelle 17, Abbildung 50).

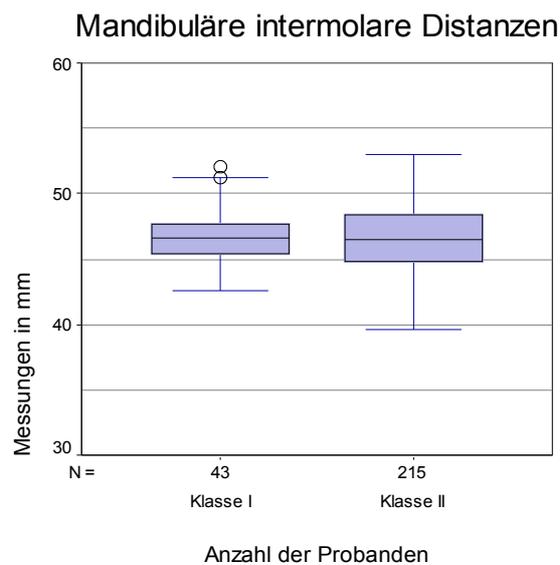


Abbildung 50: 9-Jährige (Angle-Kl. I/II) Boxplots: Mandibuläre intermolare Distanzen

3.2.2.2 Geschlechtervergleich

Bei der Darstellung der Mittelwerte für die 'Intermolaren Distanzen' (Tabelle 16 und Tabelle 17) wurde die Frage aufgeworfen, ob die gefundenen Mittelwertdifferenzen zwischen den Geschlechtern auch medizinisch relevant sind. Daher werden Mittelwerttests durchgeführt, welche eine statistische Signifikanz beweisen oder widerlegen. Zur Anwendung kommen hier T-Tests nach STUDENT, da in Tabelle 4, Seite 54 die hinreichende Normalverteilung der Stichproben bewiesen wurde.

<b>9-Jährige: Vergleich männlich gegen weiblich (T-Test)</b>				
<b>Oberkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
männlich	157	45,9 mm	0,8 mm	<b>0,001***</b>
weiblich	179	45,1 mm		

Tabelle 18: 9-Jährige Vergleich (m/w): Maxilläre intermolare Distanzen

In Tabelle 18 ist durch eine höchst signifikante Irrtumswahrscheinlichkeit ( $p = 0,001$ ) dokumentiert, dass die Differenz von 0,8 mm einen signifikanten Unterschied zwischen den männlichen und weiblichen Probanden darstellt, d.h. dass die transversale Ausdehnung des posterioren Oberkieferzahnbogens im Bereich der 6-Jahr-Molaren bei 9-jährigen Jungen signifikant größer ist als bei gleichaltrigen Mädchen.

<b>9-Jährige: Vergleich männlich gegen weiblich (T-Test)</b>				
<b>Unterkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
männlich	157	47,1 mm	0,6 mm	<b>0,008**</b>
weiblich	179	46,5 mm		

Tabelle 19: 9-Jährige Vergleich (m/w): Mandibuläre intermolare Distanzen

Auch für den Unterkiefer zeigt Tabelle 19 einen ebenfalls hoch signifikant größeren Wert (Differenz von 0,6 mm) für die transversale Breite bei männlichen gegenüber den weiblichen Probanden, d.h. auch der Unterkieferzahnbogen ist im distalen Bereich bei Jungen bereits im Alter von 9 Jahren größer als bei gleichaltrigen Mädchen.

3.2.2.3 Angle-Klassen-Vergleiche

Besonders interessant ist der Vergleich der transversalen Dimensionen des Oberkieferzahnbogens zwischen der Angle-Klasse I- und der Angle-Klasse II-Gruppe. Bei Distal-lage des Unterkiefers imponiert bei Klasse II-Fällen klinisch häufig eine zu geringe transversale Dimension des Oberkieferzahnbogens.

<b>9-Jährige: Vergleich Angle-Klasse I gegen Angle-Klasse II (T-Test)</b>				
<b>Oberkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
Angle Kl. I	43	46,0 mm	0,9 mm	<b>0,043*</b>
Angle Kl. II	215	45,1 mm		

Tabelle 20: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Maxilläre intermolare Distanzen

Tabelle 20 zeigt, dass bei 9-jährigen Probanden tatsächlich eine transversale Unterentwicklung bei Klasse II-Probanden gegenüber Klasse I-Probanden statistisch nachweisbar ist. Durchschnittlich ist die transversale Breite bei Klasse I-Probanden um 0,9 mm größer als bei Klasse II-Probanden.

Für den Unterkiefer wurde die Untersuchung analog durchgeführt (Tabelle 21).

<b>Vergleich 9-Jährige: Angle-Klasse I gegen Angle-Klasse II (T-Test)</b>				
<b>Unterkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
Angle Kl. I	43	46,7 mm	0,1 mm	0,892
Angle Kl. II	215	46,6 mm		

Tabelle 21: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Mandibuläre intermolare Distanzen

Bezüglich der transversalen Breiten im Unterkiefer sind im Gegensatz zum Oberkiefer aber keine signifikanten Unterschiede zwischen Angle-Klasse I und Angle-Klasse II-Befunden festzustellen.

3.2.3 *Intermaxilläre Harmonie zwischen Ober- und Unterkieferbreite*

Die Differenz zwischen transversaler Oberkiefer- und Unterkieferbreite im Molarenbereich wird hier durch den Begriff der '*Intermaxilläre Harmonie*' beschrieben. Die Ermittlung eines solchen Wertes erlaubt die Beurteilung des Verhältnisses der beiden Kiefer zueinander. Da die gewählten Messpunkte in einem anatomisch korrekten Gebiss

in Okklusion genau übereinanderliegen [56], wäre bei optimaler (harmonischer) Relation von Ober- und Unterkiefer die Summe der Subtraktion ihrer Einzelbreiten (OK-UK) gleich Null. Abweichende Werte mit einem beispielsweise negativen Vorzeichen deuten auf einen im Verhältnis zum Oberkiefer zu großen Unterkiefer hin.

### 3.2.3.1 Darstellung der Mittelwerte

Die gewonnenen Mittelwerte stellen die Relation des Oberkiefers zum Unterkiefer dar und decken so eventuell bestehende Disharmonien bzw. Missverhältnisse zwischen den korrespondierenden Kiefern auf (Tabelle 22). Eine optimale Situation der Maxilla zur Mandibula würde der Summe 0 entsprechen, da dann Ober- und Unterkiefer bezüglich der posterioren transversalen Breite exakt gleich dimensioniert sind und miteinander harmonisieren.

9-Jährige: Mittelwerte							
Intermaxilläre Harmonien OK-UK (in mm)	n		min	max	Median	s	V(%)
gesamt	336	-1,3	-12,0	5,2	-1,1	1,7	-130,8
männlich	157	-1,2	-12,0	5,2	-1,0	1,9	-158,3
weiblich	179	-1,4	-7,0	3,0	-1,2	1,5	-107,1
Angle-Kl. I	43	-0,7	-7,0	3,1	-0,8	1,8	-257,1
Angle-Kl. II	215	-1,5	-12,0	1,8	-1,2	1,7	-113,3

Tabelle 22: 9-Jährige Mittelwerte: Intermaxilläre Harmonien

Bei allen Gruppen zeigt sich für die Variable '*Intermaxilläre Harmonie*' eine negative Abweichung des Mittelwertes vom Nullwert. Bei den männlichen Probanden sowie in der Gruppe der Klasse II beschreibt eine negative Abweichung von -12 mm den minimalen Wert. Mit 5,2 mm präsentiert sich der Maximalwert in der Gruppe der männlichen 9-Jährigen (Tabelle 22). D.h. der im Verhältnis zum Unterkiefer kleinste Oberkiefer war im Molarenbereich 12 mm kleiner als der Unterkiefer, während der im Verhältnis zum Unterkiefer größte Oberkiefer 5,2 mm größer war als der zugehörige Unterkiefer.

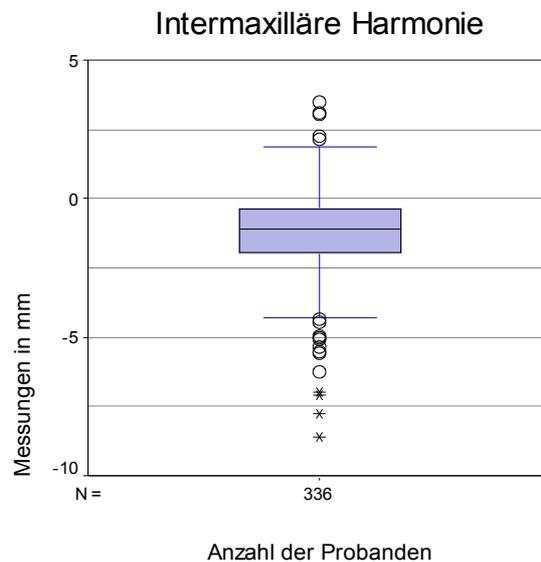


Abbildung 51: 9-Jährige Boxplots: Intermaxilläre Harmonie

Für die Gesamtgruppe zeigt sich trotz der wenigen Extremwerte mit einem Durchschnittswert von -1,3 mm eine nur geringfügige negative Abweichung. Diese Tatsache belegt, dass der Unterkiefer dorsal bei der Gesamtgruppe der 9-jährigen Probanden um durchschnittlich 1,3 mm größer ist als der Oberkieferzahnbogen.

In der Gegenüberstellung von männlichen und weiblichen Personen zeigt sich bei den Neunjährigen in der Gruppe der Mädchen mit einem Mittelwert von -1,4 mm eine etwas stärkere Tendenz der Abweichung vom Normalwert als bei den Jungen mit -1,2 mm. Die Spannweite zwischen den Minimal- und Maximalwerten beträgt in der Fraktion der Jungen 17,2 mm (Abbildung 52).

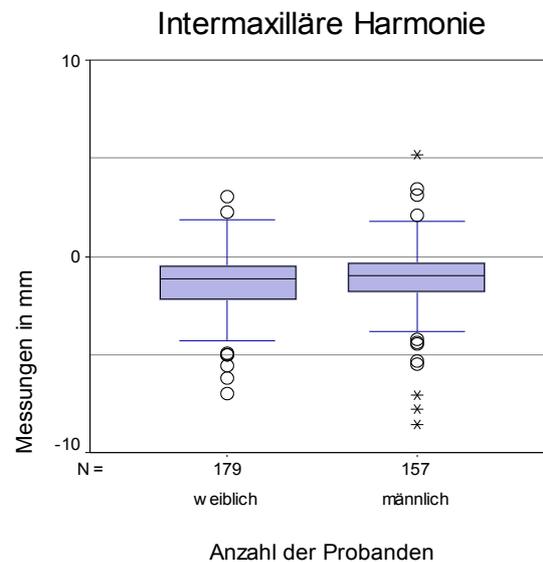


Abbildung 52: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Intermaxilläre Harmonie

Abbildung 53 veranschaulicht das Verhalten der Werte der Variablen *'Intermaxilläre Harmonie'* für die Abteilung der Angle-Klassen-Befunde und verdeutlicht, dass der Mittelwert der Klasse I-Gruppierung mit  $-0,7$  mm mehr als die Hälfte geringer vom Normwert 0 abweicht, als die Klasse II mit  $-1,5$  mm Differenz. Ob es sich hierbei um eine statistisch signifikante Unterscheidung der Werte handelt, wird an späterer Stelle geklärt.

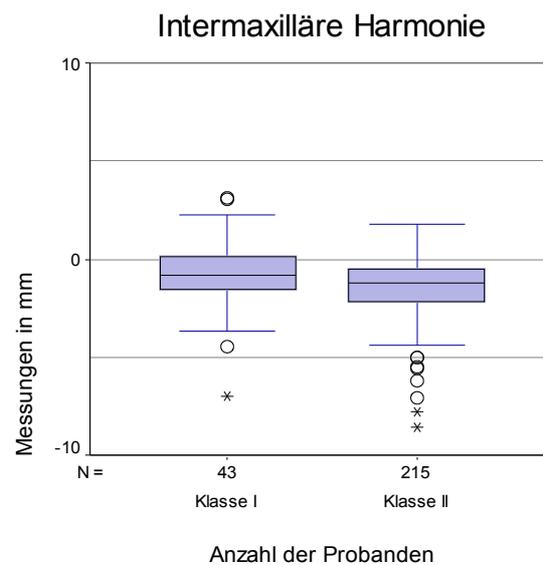


Abbildung 53: 9-Jährige (Angle-Kl. I/II) Boxplots: Intermaxilläre Harmonie

### 3.2.3.2 Geschlechtervergleich

Tabelle 23 präsentiert die Ergebnisse des Vergleichs zwischen männlichen und weiblichen Testpersonen. Wie statistisch bewiesen (Tabelle 3, Seite 53 und Tabelle 5, Seite 55), müssen für den o.g. Vergleich bezüglich der Variablen 'Intermaxilläre Harmonie' U-Tests verwendet werden.

<b>9-Jährige: Vergleich männlich gegen weiblich (U-Tests)</b>				
<b>Intermaxilläre Harmonien</b>	n		Differenz	p-Wert
männlich	157	-1,2 mm	0,2 mm	0,110
weiblich	179	-1,4 mm		

Tabelle 23: 9-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien

In der Gegenüberstellung der Messwerte zeigt die Differenz von 0,2 mm keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern.

### 3.2.3.3 Angle-Klassen-Vergleiche

Basierend auf den Ergebnissen der K&S-Tests (Tabelle 3, Seite 53 und Tabelle 5, Seite 55) wird auch für den Vergleich innerhalb der Angle-Klassen der U-Test eingesetzt. Aufgrund des statistisch erwiesenen relevanten Einflusses einer bestehenden kieferorthopädischen Behandlung (Tabelle 12, Seite 59) werden für den nachstehenden Vergleich innerhalb der Angle-Klasse I nur Probanden ohne KFO ausgewertet.

<b>9-Jährige: Vergleich Angle-Klasse I gegen Angle-Klasse II (U-Tests)</b>				
<b>Intermaxilläre Harmonien</b>	n		Differenz	p-Wert
Angle-Klasse I	29	-1,2 mm	0,1 mm	0,545
Angle-Klasse II	155	-1,3 mm		

Tabelle 24: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Intermaxilläre Harmonien

Die Differenz zwischen den Mittelwerten der zu vergleichenden Angle-Klassen beträgt 0,1 mm und ist somit laut Tabelle 24 statistisch nicht relevant.

### 3.2.4 Relation zwischen Schneidezahn- und Zahnbogenbreiten

Basierend auf der Berechnungssystematik von PONT, wurde anhand von modifizierten Werten einer Studie von SCHMUTH [56] die Breitensumme der Inzisiven des Oberkiefers in Relation zur posterioren transversalen Breite gesetzt. Die hier verwendeten Differenzwerte ergeben sich aus den in dieser Studie tatsächlich gemessenen intermolaren Breiten minus dem der individuellen BSI<sub>OK</sub> zuzuordnenden Sollwert ('Kölner-Werte' nach SCHMUTH). Abweichungen von den Normwerttabellen werden also durch positive bzw. negative Vorzeichen der Messwerte herausgestellt. Das bedeutet: Ein positiver Wert zeigt, dass die gemessene intermolare Distanz größer ist als der Normwert laut SCHMUTH, welcher nach der individuellen BSI<sub>OK</sub> bestimmt wurde. Ein negatives Vorzeichen kennzeichnet demnach eine geringere transversale Distanz für die eigene Messung als nach der entsprechenden BSI<sub>OK</sub> und der Normwerttabelle von SCHMUTH gefordert.

#### 3.2.4.1 Darstellung der Mittelwerte

Die Tabellen 25 und 26 veranschaulichen die errechneten Mittelwerte und ihre umgebenden Werte.

9-Jährige: Mittelwerte							
Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten (in mm)	n		min	max	Median	s	V (%)
gesamt	336	-0,1	-8,7	9,1	0,0	2,8	-2800
männlich	157	0,1	-8,5	9,1	0,0	3,0	3000
weiblich	179	-0,2	-8,7	7,1	-0,1	2,6	-1300
Angle-Kl. I	43	0,3	-4,2	6,5	0,2	2,5	833,3
Angle-Kl. II	215	-0,4	-8,7	9,1	-0,3	2,9	-725

Tabelle 25: 9-Jährige Mittelwerte: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

Ein negatives Vorzeichen des Mittelwertes belegt, dass die gemessene transversale Breite innerhalb der betroffenen Untersuchungsgruppe kleiner ist, als die nach SCHMUTH modifizierten Normwerte.

Der Median bewegt sich auf der Nulllinie, über respektive unter ihm liegen jeweils die Hälfte der gemessenen Werte. So ist der minimale Wert mit -8,7 mm in der weiblichen Gruppe und in der Fraktion mit Angle-Klasse II-Befund aufgetreten. Der Maximalwert

(9,1 mm) hingegen geht sowohl aus der männlichen Abteilung als auch aus der eben genannten Angle-Klasse-Gruppierung hervor (Tabelle 25, Abbildung 54).

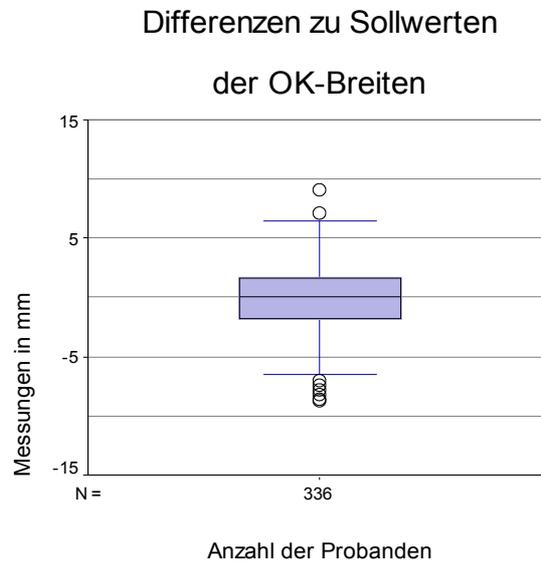


Abbildung 54: 9-Jährige Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

Der Vergleich von männlichen und weiblichen Testpersonen belegt, dass die 9-jährigen Jungen bei einem Mittelwert von 0,1 mm eine im Verhältnis zum Sollwert [56] zu geringe transversale Ausdehnung der hinteren Zahnbogendistanz aufweisen. Im Gegensatz dazu zeigt die Gruppe der Mädchen eher die Tendenz eines zu großen transversalen Abstandes, da ihr Mittelwert mit -0,2 mm negativ abweicht.

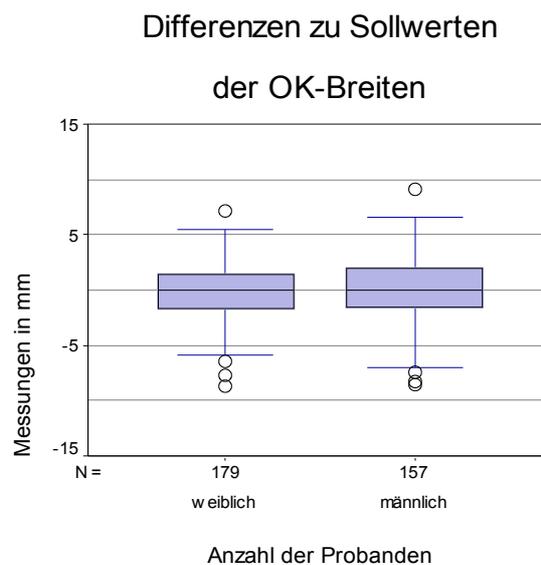


Abbildung 55: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

Abbildung 56 präsentiert die Darstellung der Messergebnisse für die Fraktion der Angle-Klassen.

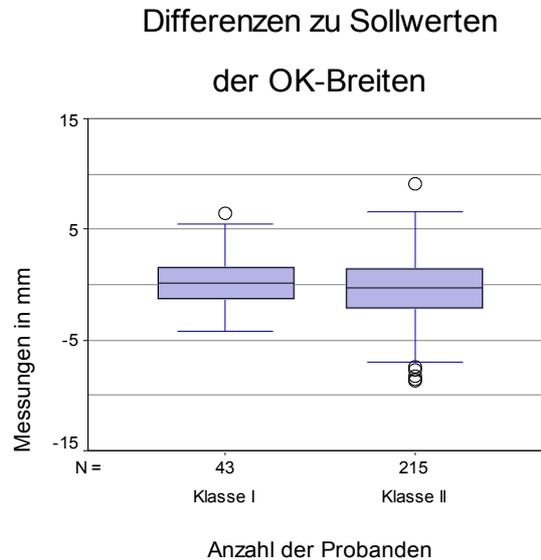


Abbildung 56: 9-Jährige (Angle Kl. I/II) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

Tabelle 26 offeriert die Mittelwerte für die Differenzen der Sollwerte im Verhältnis zu den gemessenen Unterkieferbreiten.

<b>9-Jährige: Mittelwerte</b>							
<b>Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten (in mm)</b>	n		min	max	Median	s	V (%)
gesamt	336	1,2	-9,3	12,0	1,2	2,8	233,3
männlich	157	1,3	-5,6	12,0	1,2	2,9	223,1
weiblich	179	1,2	-9,3	7,8	1,3	2,6	216,7
Angle-Kl. I	43	1,0	-5,8	6,2	1,3	2,8	280
Angle-Kl. II	215	1,1	-9,3	12,0	1,1	2,8	254,5

Tabelle 26: 9-Jährige Mittelwerte: Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten

Für die Variable '*Differenzen zu Sollwerten der Unterkieferbreiten*' weichen alle Mittelwerte positiv von den Normwerten ab. Das bedeutet, dass die gemessenen mandibulären transversalen Breiten größer als die nach SCHMUTH aufgestellten Normwerte sind.

Die Mittelwerte variieren im männlich/weiblich-Vergleich um nur 0,1 mm (männlich:

1,3 mm, weiblich: 1,2 mm). Im gleichen Maße besteht auch eine Differenz zwischen den Angle-Klassen (Klasse I: 1,0 mm, Klasse II: 1,1 mm). Die Spannweite der Messwerte bezogen auf die Gesamtgruppe umfasst 21,3 mm und wird durch die Minimal und Maximalwerte (-9,3 mm und 12,0 mm) begrenzt (Tabelle 26 und Abbildung 57).

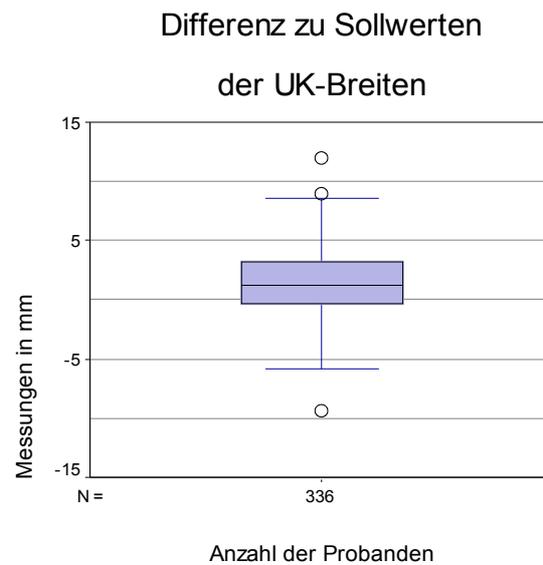


Abbildung 57: 9-Jährige Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten  
Bezogen auf die Einzelgruppen der Jungen und Mädchen ist eine Differenz der Mittelwerte um 0,1 mm zu verzeichnen (Tabelle 26, Abbildung 58).

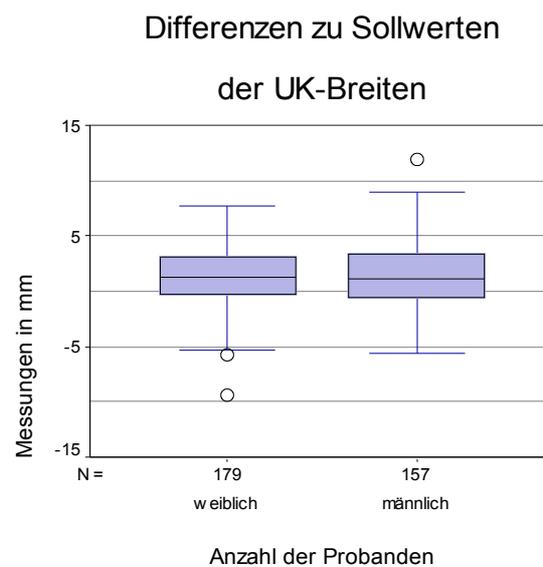


Abbildung 58: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten  
Bezüglich der Angle-Klassen-Gruppen Klasse I und Klasse II weichen die Mittelwerte

ebenfalls kaum voneinander ab (Tabelle 26, Abbildung 59). Die Differenz zwischen Klasse I (1,0 mm) und Klasse II (1,1 mm) beträgt 0,1 mm. Ob dieser geringe Unterschied statistisch signifikant ist wird im weiteren Verlauf beantwortet.

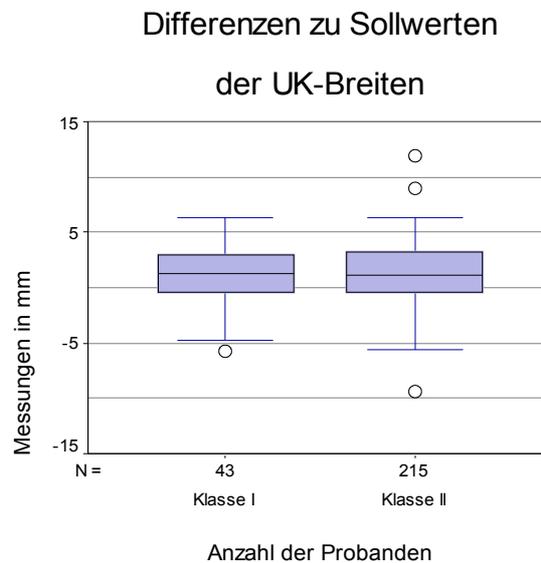


Abbildung 59: 9-Jährige (Angle Kl. I/II) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

#### 3.2.4.2 Geschlechtervergleich

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Gegenüberstellung der Geschlechter in Bezug auf die Variable 'Differenzen zu den Sollwerten' sowohl für den Oberkiefer (Tabelle 27) als auch für den Unterkiefer (Tabelle 28).

<b>9-Jährige: Vergleich männlich gegen weiblich (T-Tests)</b>				
<b>Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten</b>	n		Differenz	p-Wert
männlich	157	0,1 mm	0,3 mm	0,321
weiblich	179	-0,2 mm		

Tabelle 27: 9-Jährige Vergleich (m/w): Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

Maxillär stellt sich der Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Testpersonen mit einer Differenz von 0,3 mm als nicht signifikant dar (Tabelle 27).

9-Jährige: Vergleich männlich gegen weiblich (T-Tests)				
Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten	n		Differenz	p-Wert
männlich	157	1,3 mm	0,1 mm	0,641
weiblich	179	1,2 mm		

Tabelle 28: 9-Jährige Vergleich (m/w): Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten

Auch im Unterkiefer zeigen die Untersuchungsergebnisse bei 0,1 mm Differenz der Messwerte von Jungen und Mädchen keine statistisch relevanten Abweichungen (Tabelle 28).

#### 3.2.4.3 Angle-Klassen-Vergleiche

Die Vergleiche zwischen den Angle-Klassen I und II sind für den Oberkiefer in Tabelle 29 und für den Unterkiefer in Tabelle 30 dargestellt.

9-Jährige: Vergleich Angle-Klasse I gegen Angle-Klasse II (T-Tests)				
Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten	n		Differenz	p-Wert
Angle-Klasse I	43	0,3 mm	0,7 mm	0,144
Angle-Klasse II	215	-0,4 mm		

Tabelle 29: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten

Der Unterschied der Werte zwischen den untersuchten Angle-Klassen beträgt 0,7 mm und ist laut T-Test statistisch nicht signifikant.

9-Jährige: Vergleich Angle-Klasse I gegen Angle-Klasse II (T-Tests)				
Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten	n		Differenz	p-Wert
Angle-Klasse I	43	1,0 mm	0,1 mm	0,819
Angle-Klasse II	215	1,1 mm		

Tabelle 30: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten

Wie schon im Oberkiefer ist auch für den Unterkiefer kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten der Klasse I und der Klasse II zu eruieren. Jedoch ist die mandibuläre Differenz von 0,1 mm wesentlich geringer als die Maxilläre von 0,7 mm.

### 3.3 Longitudinale Auswertung bei 7- und 10-jährigen Probanden

Zur longitudinalen Auswertung wird hier die Gruppe derer betrachtet, die im Alter von 7 **und** 10 Jahren an den Untersuchungen teilgenommen haben. Die Einheit setzt sich aus 84 weiblichen und 85 männlichen Schülern zusammen.

Die Mittelwertvergleiche erfolgen zwischen gepaarten Stichproben. Bei den longitudinalen Vergleichen werden Veränderungen der Werte im zeitlichen Verlauf zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr untersucht, z.B. wird der Beantwortung der Frage nachgegangen, ob sich die distale transversale Zahnbogenbreite wachstumsbedingt in diesen drei Jahren signifikant ändert. Auf eine longitudinale Auswertung in Bezug auf differente Angle Klassen-Befunde muss aufgrund der durch die strengen Selektionskriterien stark dezimierte Probandenzahl verzichtet werden.

#### 3.3.1 Probandenselektion bezüglich kieferorthopädischer Behandlungen

In Analogie zur statistischen Vorgehensweise der Querschnittstudie muss auch für die longitudinale Analyse zunächst die Signifikanz zwischen einer bestehenden/nicht bestehenden kieferorthopädischen Behandlung innerhalb der Probandengruppen der 7- und 10-Jährigen überprüft werden. Nach Ermittlung der Mittelwerte werden diese mit Hilfe von K&S-Tests auf ihre Verteilungsform überprüft, um anschließend in den Vergleichstests (T- bzw. U-Tests) ggf. bestehende Signifikanz zwischen KFO-/ nicht KFO- behandelten Probanden aufzuzeigen.

Beim Vorliegen eines signifikanten Unterschiedes werden für die weitere Auswertung nur jene Probanden herangezogen, die **keine** kieferorthopädische Behandlung aufweisen, um die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse nicht durch iatrogene Einflüsse zu verfälschen.

##### 3.3.1.1 Normalverteilungstests (Kolmogorov-Smirnov-Tests)

Wie bereits in Kapitel 3.2.1.1 beschrieben, werden Stichproben mit Hilfe des KOLMOGOROV-SMIRNOV-Tests auf ihre Verteilungsform geprüft.

Innerhalb der longitudinalen Analyse werden die Daten der Variablen für den transversalen Abstand der ersten Molaren in Ober- und Unterkiefer (*'Intermolare Distanzen'*)

sowie die ggf. bestehenden Abweichungen zwischen Ober- und Unterkieferbreite ('*Intermaxilläre Harmonie*') untersucht.

In Tabelle 31 sind die Ergebnisse (p-Werte) der K&S-Tests für die alle drei auszuwertenden Variablen der Gruppe der 7-Jährigen dargestellt.

7-Jährige: Normalverteilungstests				
Alle Testvariablen	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte	Intermaxilläre Harmonie (OK-UK) p-Werte
gesamt	169	0,930	0,616	<b>0,022*</b>
männlich	84	0,968	0,931	0,172
weiblich	85	0,773	0,636	0,159

Tabelle 31: 7-Jährige K&S-Tests (gesamt): Alle Testvariablen

Bis auf die Variable '*Intermaxilläre Harmonie*' stellen sich die Stichproben der Einzelgruppen normalverteilt dar. Die Stichprobe der Gesamtgruppe in der Rubrik '*Intermaxilläre Harmonie*' weicht mit einer gegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,022$  signifikant von der Normalverteilung ab und erfordert im weiteren Verlauf eine differenzierte Betrachtung.

Die Ergebnisse der Überprüfung der Verteilungsform der Einzelgruppen 'mit KFO' und 'ohne KFO' sind in den Tabellen 32 und 33 für die '*Intermolare Distanz*' dargestellt.

7-Jährige: Normalverteilungstests						
Intermolare Distanzen	mit KFO			ohne KFO		
	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte
gesamt	12	0,858	0,972	157	0,972	0,712
männlich	5	0,987	0,960	79	0,961	0,951
weiblich	7	0,982	0,823	78	0,801	0,796

Tabelle 32 : 7-Jährige K&S-Tests: Intermolare Distanzen

Die ermittelten pWerte beweisen, dass alle getesteten Messwerte der '*Intermolaren Distanzen*' der Normalverteilung folgen (Tabelle 32).

7-Jährige: Normalverteilungstests				
Intermaxilläre Harmonien OK-UK	mit KFO		ohne KFO	
	n	p-Werte	n	p-Werte
gesamt	12	0,959	157	<b>0,019*</b>
männlich	5	0,922	79	0,177
weiblich	7	0,959	78	0,158

Tabelle 33 : 7-Jährige K&amp;S-Tests: Intermaxilläre Harmonien

Die Werte der *'Intermaxillären Harmonie'* weisen für die Gesamtgruppe der nicht behandelten 7 -Jährigen keine Normalverteilung auf, sodass im weiteren Verlauf (Testung auf signifikante Unterschiede bezüglich bestehender/nicht bestehender kieferorthopädischer Behandlung) der U-Test nach MANN UND WHITNEY verwendet werden muss.

Die Stichproben der Untergruppen männlich/weiblich zeigen eine Normalverteilung (Tabelle 33).

Die Tabellen 34-36 präsentieren die Ergebnisse der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Tests zur Überprüfung der Verteilungsform innerhalb der Gruppe der Zehnjährigen.

10-Jährige: Normalverteilungstests				
Alle Testvariablen	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte	Intermaxilläre Harmonie (OK-UK) p-Werte
gesamt	169	0,844	0,743	<b>0,001***</b>
männlich	84	1,000	0,885	0,101
weiblich	85	0,776	0,767	<b>0,006**</b>

Tabelle 34: 10-Jährige K&amp;S-Tests (gesamt): Alle Testvariablen

In der oben stehenden Tabelle (Tabelle 34) offenbaren die Stichproben der Variable *'Intermaxilläre Harmonie'* sowohl für die Gesamtgruppe als auch für die weibliche Untergruppe höchst signifikante Abweichungen von der Normalverteilung.

Die nachstehenden Tabellen 35 und 36 legen die Ergebnisse der Stichproben 'mit KFO' und 'ohne KFO' dar und beweisen deren Verteilungsform.

10-Jährige: Normalverteilungstests						
Intermolare Distanzen	mit KFO			ohne KFO		
	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte	n	Intermolare Distanz Oberkiefer p-Werte	Intermolare Distanz Unterkiefer p-Werte
gesamt	73	0,432	0,607	96	0,952	0,902
männlich	37	0,981	0,837	47	0,981	0,971
weiblich	36	0,599	0,635	49	0,978	0,722

Tabelle 35: 10-Jährige K&amp;S-Tests: Intermolare Distanzen

Wie in Tabelle 35 ersichtlich, belegen die berechneten p-Werte für die 'Intermolaren Distanzen' im Ober- und Unterkiefer eine Normalverteilung der Stichproben in allen Gruppierungen.

10-Jährige: Normalverteilungstests				
Intermaxilläre Harmonie	mit KFO		ohne KFO	
	n	p-Werte	n	p-Werte
gesamt	73	<b>0,016*</b>	96	0,144
männlich	37	0,670	47	0,149
weiblich	36	<b>0,021*</b>	49	0,569

Tabelle 36: 10-Jährige K&amp;S-Tests: Intermaxilläre Harmonien

Die Resultate der Normalverteilungstests für den Parameter 'Intermaxilläre Harmonie' weisen sowohl für die Gesamtgruppe der KFO-behandelten Probanden als auch für die Gruppe der weiblichen, kieferorthopädisch behandelten Testpersonen signifikante Abweichungen von der Normalverteilung auf (Tabelle 36).

### 3.3.1.2 Vergleich zwischen behandelten und nicht behandelten Probanden

Wie bereits in Kapitel 3.2.1.2 erwähnt, bedarf es beim Existieren von signifikanten Unterschieden innerhalb der Vergleiche von bereits in KFO Behandlung befindlichen und nicht KFO-behandelten Probanden einer differenzierten Betrachtung der selben, die konsequenterweise einen Ausschluss der kieferorthopädisch behandelten Kinder zur Folge hat, um so die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse zu optimieren.

Daher werden zunächst alle Fraktionen auf möglicherweise bestehende signifikante Dif-

ferenzen (zwischen mit/ohne KFO) mit Hilfe von parametrischen respektive nichtparametrischen Mittelwerttests geprüft. Bei bestehender Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ) sind die entsprechenden pWerte in Fettdruck dargestellt.

Die Werte aus Tabelle 32 (Seite 81) sowie aus Tabelle 35 (Seite 83) beweisen die nicht-signifikante Abweichung von der Normalverteilung der zu vergleichenden Werte für die Variable 'Intermolare Distanz' (Ober- und Unterkiefer), sowohl für die Gruppe der 7- als auch für die Gruppe der 10-Jährigen und ermöglichen somit für den 'Vergleich mit/ohne KFO' die Verwendung von T-Tests.

7-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Werte
Alle Probanden	Oberkiefer	mit KFO	12	45,5	0,210
		ohne KFO	157	44,6	
	Unterkiefer	mit KFO	12	47,5	0,077
		ohne KFO	157	46,0	

Tabelle 37: 7-Jährige Vergleich (OK/UK): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

10-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Werte
Alle Probanden	Oberkiefer	mit KFO	73	46,1	0,733
		ohne KFO	96	46,2	
	Unterkiefer	mit KFO	73	47,7	0,200
		ohne KFO	96	47,1	

Tabelle 38: 10-Jährige Vergleich (OK/UK): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

Die Vergleichstests (Tabelle 39 und 40) überprüfen die Situation innerhalb der Untergruppen (männlich/weiblich) für die 7- und 10jährigen Kinder. Ob signifikante Unterschiede zwischen kieferorthopädisch behandelten und nicht behandelten männlichen bzw. weiblichen Probanden bestehen, wird in den Tabellen 39 und 40 beantwortet.

7-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Wert
männlich	Oberkiefer	mit KFO	5	47,3	<b>0,031*</b>
		ohne KFO	79	44,9	
	Unterkiefer	mit KFO	5	49,0	<b>0,047*</b>
		ohne KFO	79	46,5	
weiblich	Oberkiefer	mit KFO	7	44,2	0,962
		ohne KFO	78	44,3	
	Unterkiefer	mit KFO	7	46,4	0,383
		ohne KFO	78	45,4	

Tabelle 39: 7-Jährige Vergleich (m/w): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

Die männlichen siebenjährigen Testpersonen weisen sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer *signifikante* Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zwischen 'mit/ohne KFO' auf (Tabelle 39), deshalb werden für den longitudinalen Vergleich dieser Fraktionen nur die unbehandelten Kinder in die Vergleichstests einbezogen.

10-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermolare Distanzen		mit/ohne KFO	n		p-Wert
männlich	Oberkiefer	mit KFO	37	46,8	0,467
		ohne KFO	47	46,3	
	Unterkiefer	mit KFO	37	48,5	<b>0,037*</b>
		ohne KFO	47	47,3	
weiblich	Oberkiefer	mit KFO	36	45,3	0,193
		ohne KFO	49	46,0	
	Unterkiefer	mit KFO	36	46,8	0,852
		ohne KFO	49	46,9	

Tabelle 40: 10-Jährige Vergleich (m/w): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO

In der Gruppe der 10 Jahre alten Schüler zeigen die männlichen Probanden lediglich im Unterkiefer eine Abweichung der Werte von der Normalverteilung.

Die oben beschriebenen Berechnungen erzwingen für die weiteren Vorgehensweise in Bezug auf die eben genannten Untergruppen die exklusive Verwendung der Messwerte der Probanden ohne kieferorthopädische Behandlung.

Analog zur Vorgehensweise gemäß der Variable 'Intermolare Distanzen' wird auch bei der 'Intermaxillären Harmonie' verfahren. Die Ergebnisse der K&S-Tests (für 7-Jährige siehe Tabelle 31, Seite 81; für 10-Jährige siehe Tabelle 34, Seite 82) zeigen für die betreffende Variable der Gesamtgruppen in beiden Altersklassen eine signifikante Abweichung der Werte von der Normalverteilung an und erfordern daher für den nun folgenden Vergleich zwischen kieferorthopädisch behandelten und nicht behandelten Probanden den U-Test nach MANN UND WHITNEY.

7-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (U-Test)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Wert
Alle Probanden	Diff. OK-UK	mit KFO	12	-2,0	0,165
		ohne KFO	157	-1,4	

Tabelle 41: 7-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

Bei der Gesamtzahl der 7-Jährigen ist kein signifikanter Unterschied der behandelten und nicht behandelten Schüler festzustellen.

10-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (U-Test)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Wert
Alle Probanden	Diff. OK-UK	mit KFO	73	-1,6	<b>0,007*</b>
		ohne KFO	96	-0,9	

Tabelle 42: 10-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

Im Hinblick auf die Gesamtgruppen der 7- und 10-jährigen Schüler zeigt sich lediglich bei den Zehnjährigen für den Parameter der 'Intermaxillären Harmonie' aufgrund der vorliegenden Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p = 0,007$  ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen *mit-* und *ohne KFO*.

Es dürfen also für den longitudinalen Vergleich der 7- und 10-Jährigen, bezogen auf die Variable der 'Intermaxillären Harmonie' der Gesamtgruppe nur die Werte der Probanden ohne kieferorthopädische Behandlung einfließen.

Nachstehend (Tabelle 43 und 44) sind die Vergleiche zwischen kieferorthopädisch behandelten und nicht behandelten Patienten in den nach Geschlecht getrennten Gruppen

der 7- und 10-Jährigen aufgeführt.

7-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Tests)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Wert
männlich	Diff. OK-UK	mit KFO	5	-1,6	0,942
		ohne KFO	79	-1,7	
weiblich	Diff. OK-UK	mit KFO	7	-2,2	0,198
		ohne KFO	78	-1,2	

Tabelle 43: 7-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

Die in Tabelle 43 dargestellten Werte belegen keine signifikante Abweichungen von der Normalverteilung.

Wie aus Tabelle 34 (Seite 82) ersichtlich, fordert die weibliche Gruppe der 10-Jährigen zum nachstehenden Mittelwertvergleich aufgrund der nicht der Normalverteilung folgenden Werte die Anwendung des U-Tests nach MANN UND WHITNEY. Für die Gruppe der männlichen Testpersonen wird der T-Test verwendet.

10-Jährige: Vergleich mit/ohne KFO (T-Test und U-Test)					
Intermaxilläre Harmonien		mit/ohne KFO	n		p-Wert
männlich	Diff. OK-UK	mit KFO	37	-1,7	<b>0,024*</b> T-Test
		ohne KFO	47	-0,9	
weiblich	Diff. OK-UK	mit KFO	36	-1,5	0,516 U-Test
		ohne KFO	49	-1,0	

Tabelle 44: 10-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO

Innerhalb der männlichen Gruppe treten signifikante Unterschiede zwischen KFO-behandelten und nicht KFO-behandelten Schülern auf. Diese Tatsache erzwingt die Exkludierung der bereits in kieferorthopädischer Therapie befindlichen Probanden und reduziert die auszuwertende Anzahl der Jungen auf n = 47 (ohne KFO).

### 3.3.2 Maxilläre und mandibuläre transversale Breiten

#### 3.3.2.1 Darstellung der Mittelwerte

In den Tabellen ist die jeweilige Mittelwertänderung vom 7. zum 10. Lebensjahr als Differenz dargestellt und kennzeichnet somit die Wachstumsveränderung. Zusätzlich sind die den Mittelwert umgebenden Werte in Form von Minima (min) und Maxima (max), Median, Standardabweichung (s) sowie dem Variationskoeffizienten (V) in '%' angegeben.

Die berechneten Mittelwerte für die Variable 'Intermolare Distanzen' des Oberkiefers werden in Tabelle 45 sowohl in der Gesamtgruppe als auch in der männlichen und weiblichen Untergruppe präsentiert.

7- und 10-Jährige: Mittelwerte									
OK: Intermolare Distanzen (in mm)		n		Diff.	min	max	Median	s	V(%)
gesamt	7 J.	169	44,6	+1,5	38,8	50,5	44,8	2,5	5,6
	10 J.		46,1		39,8	52,7	46,0	2,5	5,4
männlich	7 J.	84	45,0	+1,6	39,6	50,5	45,0	2,5	5,6
	10 J.		46,6		41,1	52,7	46,6	2,5	5,4
weiblich	7 J.	85	44,3	+1,4	38,8	49,5	44,5	2,5	5,6
	10 J.		45,7		39,8	51,8	45,3	2,5	5,5

Tabelle 45: 7/10-Jährige Mittelwerte: Maxilläre intermolare Distanzen

Die Gesamtgruppe aller Probanden zeigt zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr eine Zunahme der intermolaren Oberkieferbreite um durchschnittlich 1,5 mm.

Die Spannweite zwischen dem Minimum und dem Maximum beträgt bei den Siebenjährigen 11,7 mm und bei den Zehnjährigen 12,9 mm. Einheitliche Standardabweichungen von 2,5 mm zeigen sich in allen Fraktionen und schwanken somit um 5,4% bis 5,6% um die Mittelwerte wobei sie eine sehr gleichmäßige Dispersion beschreiben (Tabelle 45 und Abbildung 60).

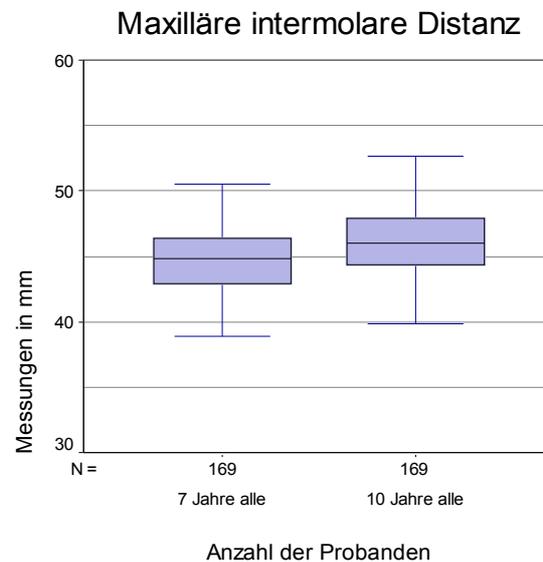


Abbildung 60: 7+10-Jährige Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz

Bei den männlichen Testpersonen 'wächst' der transversale Zahnbogen durchschnittlich um 1,6 mm an transversalem Abstand dazu (Tabelle 45 und Abbildung 61). Die Klärung der Frage, ob es sich hierbei um signifikante Veränderungen handelt, wird an späterer Stelle geschehen.

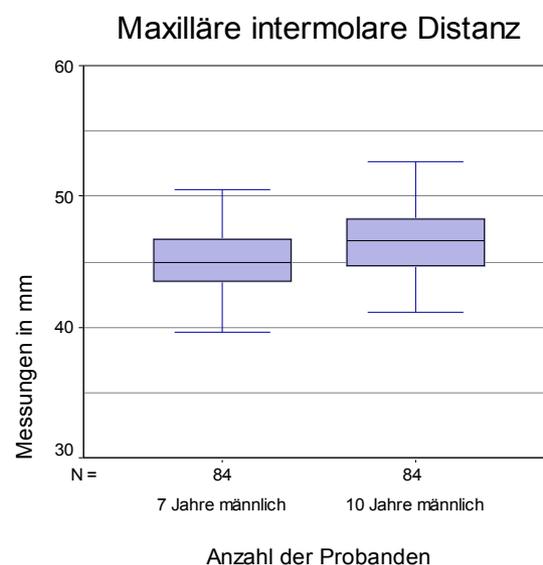


Abbildung 61: 7+10-Jährige (männlich) Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz

Die weiblichen Kinder zeigen im Alter von 7 Jahren einen Durchschnittswert von 45,3 mm für die maxilläre intermolare Distanz. Mit 10 Jahren hat sich dieser Wert um

1,4 mm auf 46,7 mm vergrößert, somit ist im Vergleich zu ihren männlichen Altersgenossen ein um 0,2 mm geringerer Zuwachs zu verzeichnen (Tabelle 45, Abbildung 62).

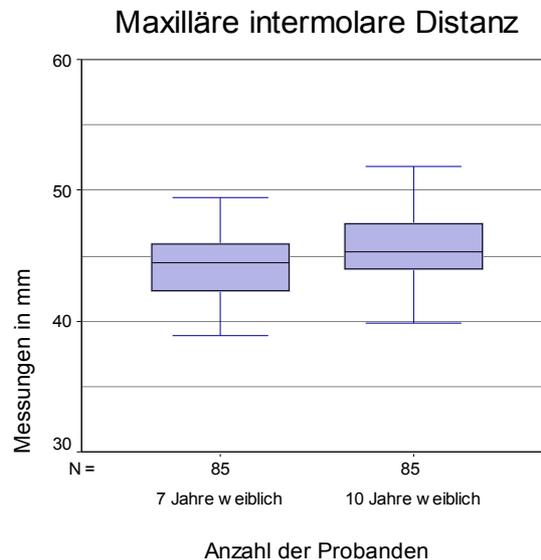


Abbildung 62: 7+10-Jährige (weiblich) Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz

Die Mittelwerte für die mandibulären intermolaren Distanzen sind in Tabelle 46 aufgeführt.

7- und 10-Jährige: Mittelwerte									
UK: Intermolare Distanzen (in mm)		n		Diff.	min	max	Median	s	V(%)
<b>gesamt</b>	7 J.	169	46,1	+1,3	34,0	53,9	46,4	2,8	6,1
	10 J.		47,4		40,3	58,2	47,2	2,7	5,7
<b>männlich</b>	7 J.	84	46,7	+1,2	40,2	53,9	46,6	2,6	5,6
	10 J.		47,9		41,9	52,9	47,6	2,5	5,2
<b>weiblich</b>	7 J.	85	45,5	+1,4	34,0	50,4	46,0	2,9	6,4
	10 J.		46,9		40,3	58,2	46,5	2,8	6,0

Tabelle 46: 7/10-Jährige Mittelwerte: Mandibuläre intermolare Distanzen

Für alle Gruppen gilt eine recht gleichmäßige Verteilung der Werte, die Standardabweichungen schwanken mit 5,2–6,4 % um die Mittelwerte. Innerhalb der Gesamtgruppe läßt sich eine mittlere Wachstumszunahme der Unterkieferbreite von 1,3 mm im Verlauf vom 7.- bis zum 10. Lebensjahr eruieren (Tabelle 46, Abbildung 63).

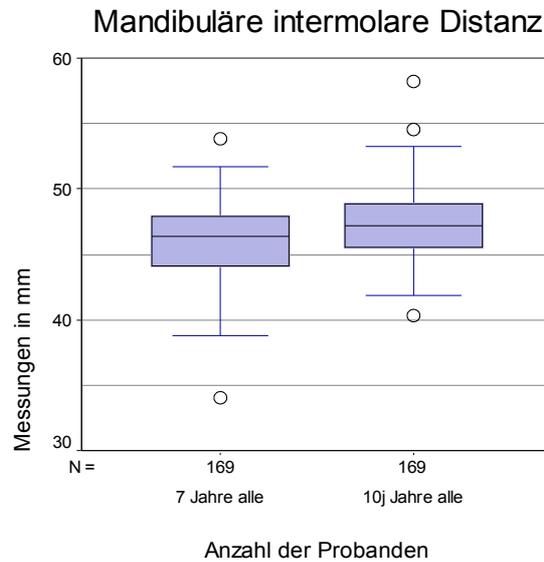


Abbildung 63: 7+10-Jährige Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz

Die 84 Jungen zeigen mit 7 Jahren eine durchschnittliche posteriore Breite des Unterkiefers von 46,7 mm. Innerhalb der untersuchten 3-Jahresspanne nimmt die hintere Zahnbogenbreite um 1,2 mm zu und ist damit im Mittel auf 47,9 mm angewachsen (Tabelle 46, Abbildung 64).

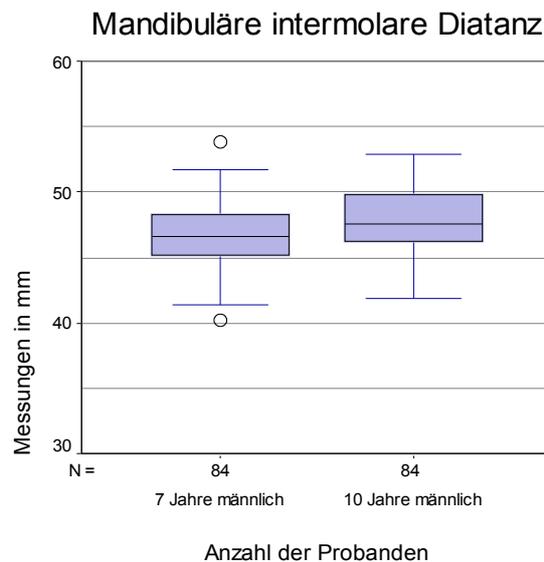


Abbildung 64: 7+10-Jährige (männlich) Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz

Bei den siebenjährigen Mädchen ist ein Median von 46,0 mm, im Alter von 10 Jahren von 46,5 mm zu verzeichnen. Im Untersuchungszeitraum liegt eine Zunahme der man-

dibulären intermolaren Distanz um 1,4 mm vor (Tabelle 46, Abbildung 65).

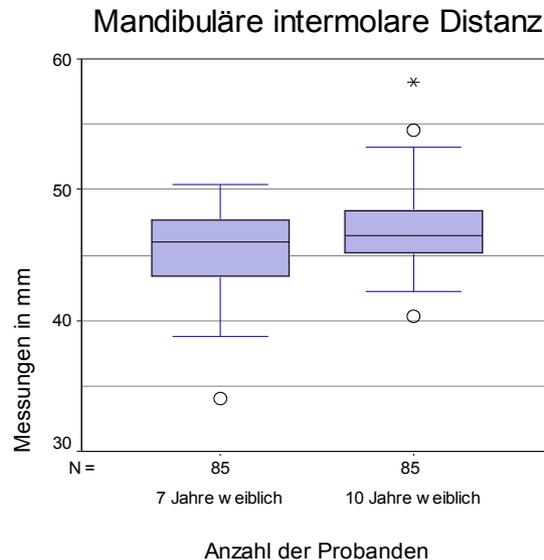


Abbildung 65: 7+10-Jährige (weiblich) Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz

### 3.3.2.2 Gesamtgruppen- und Geschlechtervergleich

Zur Überprüfung auf signifikante Wachstumsveränderungen wird der T-Test (nach STUDENT) für abhängige (gepaarte) Stichproben genutzt, wobei ein signifikantes Ergebnis ( $p \leq 0,05$ ) durch dick gedruckte Ziffern sowie eine Kennzeichnung durch 'Sternchen' repräsentiert wird.

<b>7- und 10-Jährige: Vergleich</b> (gepaarte T-Tests)				
<b>Oberkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
7-Jährige	169	44,6 mm	+1,5 mm	<b>0,000***</b>
10-Jährige		46,1 mm		

Tabelle 47: 7/10-Jährige Vergleich: Maxilläre intermolare Distanzen

Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,000$  ist ein höchst signifikanter Unterschied der Stichproben belegt. Damit ist bewiesen, dass in der Gesamtgruppe die intermolare Distanz zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr um durchschnittlich 1,5 mm signifikant größer wird. D.h. durch den hier praktizierten Ausschluss von kieferortho-

pädisch-therapeutischen Einflüssen kann von einem rein wachstumsbedingten transversalen Größenzuwachs der Zahnbögen ausgegangen werden.

In der folgenden Tabelle 48 werden die Veränderungen der maxillären 'Intermolaren Distanz' zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr für die Geschlechter getrennt untersucht.

7- und 10-Jährige: Vergleich (gepaarte T-Tests)					
Oberkiefer: Intermolare Distanzen		n		Differenz	p-Wert
männlich	7 J.	44	45,0 mm	+1,2 mm	<b>0,000***</b>
	10 J.		46,2 mm		
weiblich	7 J.	85	44,3 mm	+1,4 mm	<b>0,000***</b>
	10 J.		45,7 mm		

Tabelle 48: 7/10-Jährige Vergleich (m/w): Maxilläre intermolare Distanzen

Für den vorliegenden Vergleich der männlichen Testpersonen wurden, basierend auf den in Tabelle 39 und Tabelle 40, Seite 85 dargestellten signifikanten Unterschieden bei Testung von Einflüssen einer kieferorthopädischen Behandlung, nur jene Teilnehmer einbezogen, die sich bis zum 10. Lebensjahr noch *keiner* kieferorthopädischen Behandlung unterzogen hatten. Aufgrund falsch negativer Aussagen von drei 10-jährigen Probanden auf die Frage, ob sie jemals eine KFO-Behandlung hatten, musste die Probandenzahl in diesem Fall auf  $n = 44$  angepasst werden (das gilt ebenfalls für die Berechnungen der mandibulären intermolaren Distanz).

Die männlichen Probanden zeigen für den Untersuchungszeitraum eine Wertänderung von +1,2 mm, die laut dem in Tabelle 48 dargestellten Testergebnis signifikant ist. Die weiblichen Testpersonen weisen eine stärkere Mittelwertänderung (1,4 mm) als die Jungen auf. Auch diese Differenz ist statistisch signifikant (Tabelle 48).

In Tabelle 49 wird das Ergebnis des Vergleiches der mandibulären intermolaren Distanzen in der Gesamtgruppe gezeigt.

<b>7- und 10-Jährige: Vergleich</b> (gepaarte T-Tests)				
<b>Unterkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
7-Jährige	169	46,1 mm	+1,3 mm	<b>0,000***</b>
10-Jährige		47,4 mm		

Tabelle 49: 7/10-Jährige Vergleich: Mandibuläre intermolare Distanzen

Die Differenz der Messwerte von 1,3 mm wird durch den statistisch höchst signifikanten Unterschied der Mittelwerte zwischen den beiden Altersgruppen unterstrichen. Interessant sind auch die nach Geschlecht differenzierten Stichproben, wie in Tabelle 50 gezeigt.

<b>7- und 10-Jährige: Vergleich</b> (gepaarte T-Tests)					
<b>Unterkiefer: Intermolare Distanzen</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>	
<b>männlich</b>	7 J.	44	46,6 mm	+0,7 mm	<b>0,000***</b>
	10 J.		47,3 mm		
<b>weiblich</b>	7 J.	85	45,5 mm	+1,4 mm	<b>0,000***</b>
	10 J.		46,9 mm		

Tabelle 50: 7/10-Jährige Vergleich (m/w): Mandibuläre intermolare Distanzen

In Tabelle 50 wird deutlich, dass die transversale Breite im distalen Unterkieferbereich bei Mädchen in diesen 3 Jahren mit 1,4 mm doppelt so stark zunimmt wie bei gleichaltrigen Jungen mit 0,7 mm. Beide Veränderungen sind statistisch höchst signifikant.

### 3.3.3 *Intermaxilläre Harmonie zwischen maxillärer und mandibulärer Breite*

#### 3.3.3.1 Darstellung der Mittelwerte

In Tabelle 51 sind die berechneten Mittelwerte der Gesamtgruppe und der Untergruppen (männlich/weiblich) für die Variable '*Intermaxilläre Harmonie*' dargestellt.

7- und 10-Jährige: Mittelwerte									
Intermaxilläre Harmonien OK-UK (in mm)		n		Diff.	min	max	Median	s	V(%)
gesamt	7 J.	169	-1,5	+0,3	-8,2	9,0	-1,1	2,0	-133,3
	10 J.		-1,2		-9,9	2,4	-1,1	1,6	-133,3
männlich	7 J.	84	-1,7	+0,4	-8,2	3,4	-1,2	2,0	-117,6
	10 J.		-1,3		-6,1	2,2	-1,0	1,6	-123,1
weiblich	7 J.	85	-1,2	+0,0	-6,6	9,0	-0,9	2,1	-175
	10 J.		-1,2		-9,9	2,4	-1,1	1,7	-141,7

Tabelle 51: 7/10-Jährige Mittelwerte: Intermaxilläre Harmonien

Die Mittelwertänderungen betragen in der Gesamtgruppe +0,3 mm, in der Gruppe der Jungen +0,4 mm. D.h. für diese Gruppen ist die Relation von Oberkiefer - zu Unterkieferbreite harmonischer geworden – die Abweichung der Kieferbreiten zueinander hat sich in dem Zeitraum zwischen dem 7. und 10. Lebensjahr verringert. In der Gruppe der Mädchen sind keine Unterschiede der Mittelwerte für die Variable 'Intermaxilläre Harmonie' im zeitlichen Verlauf festzustellen. Wie in Abbildung 66 deutlich zu sehen, zeigt die Gesamtgruppe der Siebenjährigen bei einem Minimalwert von -8,2 mm und einem Maximalwert von 9,0 mm eine größere Spannweite (10,8 mm) als dieselben Probanden im Alter von 10 Jahren. Hier liegt der minimale Wert bei -9,9 mm und der maximale Wert bei 2,4 mm, was einer Spannweite von 2,5 mm entspricht (Tabelle 51, Abbildung 66).

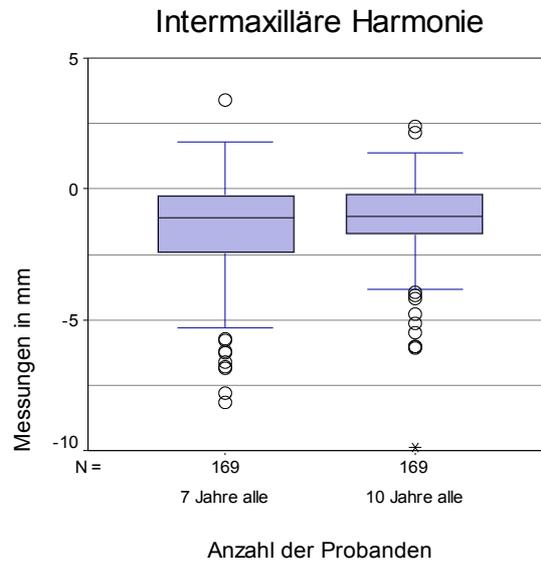


Abbildung 66: 7+10-Jährige Boxplot: Intermaxilläre Harmonie

Die Mittelwerte der männlichen Untersuchungsgruppe zeigen eine Veränderung von +0,4 mm. Es wird deutlich, dass die 7-Jährigen (Standardabweichung 2,0 mm) einen breiteren Streubereich besitzen als dieselben Individuen mit 10 Jahren (Standardabweichung 1,6 mm), (Tabelle 51, Abbildung 67).

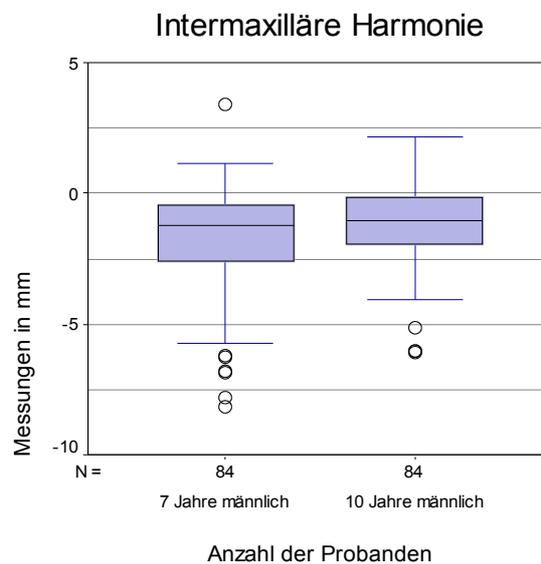


Abbildung 67: 7+10-Jährige (männlich) Boxplot: Intermaxilläre Harmonie

Die 7- und 10-jährigen Schülerinnen zeigen in ihren Mittelwerten (-1,2 mm) keine Wertänderung innerhalb des 3-jährigen Untersuchungszeitraumes. Wie auch bei den Jungen zeigt sich in der jüngeren Gruppe eine breitere Streuung der Messwerte als in

der Älteren.

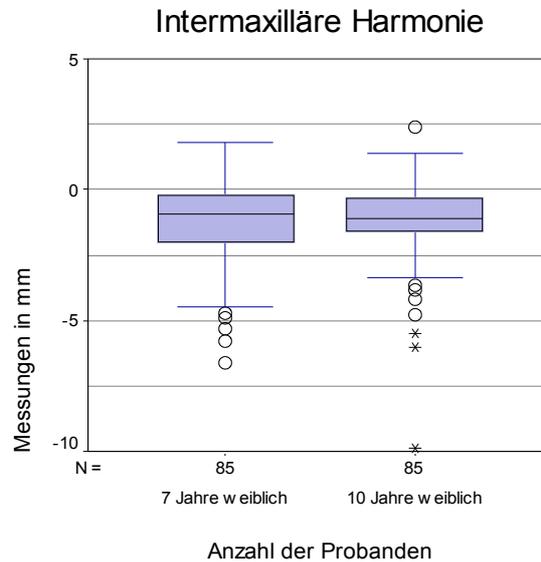


Abbildung 68: 7+10-Jährige (weiblich) Boxplot: Intermaxilläre Harmonie

### 3.3.3.2 Gesamtgruppen- und Geschlechtervergleich

Es folgt für die Variable '*Intermaxilläre Harmonie*' der Vergleich abhängiger (gepaarte) Stichproben. Signifikante Wertänderungen ( $p \leq 0,05$ ) werden durch dick gedruckte Ziffern repräsentiert.

Für die Betrachtung der Gesamtgruppe können aufgrund der in Tabelle 42, Seite 86 bewiesenen signifikanten Unterschiede zwischen behandelten und nicht behandelten Probanden, nur jene *ohne* begonnene KFO Therapie herangezogen werden.

Die in den Tabellen 31 und 34 (Seiten 81 und 82) dargestellten Ergebnisse verlangen für den Vergleich der gepaarten Stichproben für die Variable '*Intermaxilläre Harmonie*' nach dem nichtparametrischen WILCOXON -Test.

In der Gesamtgruppe veränderte sich die Differenz zwischen OK- und UK-Breite von -1,3 mm auf -1,0 mm. Laut Testergebnis ist diese Veränderung von +0,3 mm statistisch signifikant (Tabelle 52).

<b>7- und 10-Jährige: Vergleich</b> (Wilcoxon-Test)				
<b>Intermaxilläre Harmonien OK-UK</b>	<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
7-Jährige	91	-1,3 mm	+0,3 mm	<b>0,016*</b> Wilcoxon-Test
10-Jährige		-1,0 mm		

Tabelle 52: 7/10-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien

Die Differenz zwischen den posterioren Breiten von Ober- und Unterkiefer hat sich über den dreijährigen Untersuchungszeitraum verringert - das Verhältnis zwischen Ober- und Unterkieferbreite ist harmonischer geworden. Jedoch bleibt bei auch bei den Zehnjährigen der Unterkiefer gegenüber dem Oberkiefer in der Transversalen durchschnittlich um 1 mm zu breit.

Die männliche Teilnehmerzahl für den nachfolgenden Test hat sich aus den bereits oben mehrfach beschriebenen Gründen auf  $n = 44$  reduziert. Diese 44 nicht in kieferorthopädischer Behandlung befindlichen Schüler offenbaren im zeitlichen Verlauf eine Differenz ihrer Mittelwerte um +0,5 mm. Der T-Test für gepaarte Stichproben beweist eine statistisch hoch signifikante Wertänderung (Tabelle 53). Die Diskrepanz zwischen posteriorer Ober- und Unterkieferbreite hat sich verringert, wobei der Unterkiefer im Verhältnis zum Oberkiefer um 1 mm zu breit bleibt.

<b>7- und 10-Jährige: Vergleich</b> (gepaarte T-Tests und Wilcoxon-Tests)					
<b>Intermaxilläre Harmonien OK-UK</b>		<b>n</b>		<b>Differenz</b>	<b>p-Wert</b>
<b>männlich</b>	7 J.	44	-1,5 mm	+0,5 mm	<b>0,003**</b> T-Test
	10 J.		-1,0 mm		
<b>weiblich</b>	7 J.	85	-1,2 mm	+0 mm	0,564 Wilcoxon-Test
	10 J.		-1,2 mm		

Tabelle 53: 7/10-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien

Wie in Tabelle 34, Seite 82 ersichtlich ist für die weibliche Fraktion der WILCOXON-Test zum Vergleich gepaarter Stichproben erforderlich. Die aus 85 Mädchen bestehende Gruppe zeigt für den 3-Jahreszeitraum keine Wachstumsveränderungen für die betreffende Variable an und behält den Mittelwert von -1,2 mm bei (Tabelle 53).

Dieser Umstand zeigt, dass sowohl im Alter von 7 Jahren als auch im Alter von 10 die posteriore Breite des Unterkiefers der untersuchten Mädchen um 1,2 mm breiter ist als die des Oberkiefers.

#### 4. Diskussion

Für die kieferorthopädische Praxis sind Kriterien für die Beurteilung von Wachstum und Entwicklung in Bezug auf eine Breitenzunahme in Ober- und Unterkiefer in den unterschiedlichen Stadien der Dentition von großer Relevanz [50]. Das Wissen um sie kann nicht nur die kieferorthopädische Behandlungsnotwendigkeit, sondern auch den günstigsten Behandlungsbeginn sowie die Therapieplanung beeinflussen.

Das Ziel dieser Studie ist es, die transversale Breitenentwicklung der maxillären und mandibulären Zahnbögen zu untersuchen. Die teilnehmenden Probandengruppen setzen 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 bei 7- und 10-Jährigen.

Im Rahmen der Querschnittsuntersuchung wurden mit Hilfe der Alginatabformungen von 336 neunjährigen Probanden Gipsmodelle hergestellt und analysiert. Ermittelt wurden der transversale Abstand der 6-Jahrmolaren '*Maxilläre und mandibuläre intermolare Distanz*' in beiden Kiefern, die Relation von Oberkiefer- zu Unterkieferbreite '*Intermaxilläre Harmonie*' sowie im Zuge der Untersuchung '*Relation zwischen Schneidezahn- und Zahnbogenbreite*' die Breiten-Summe der Inzisivi im Oberkiefer ( $BSI_{OK}$ ).

Die longitudinale Untersuchung umfasst die Analyse der Mittelwerte von 169 Probanden, die sowohl im Alter von 7 als auch von 10 Jahren an der Studie teilgenommen haben für die Variablen '*Maxilläre und mandibulare intermolare Distanzen*' und '*Intermaxilläre Harmonie*'. Die auftretenden Differenzen der Mittelwerte im zeitlichen Verlauf lassen auf wachstumsbedingte Änderungen im Zahnbogen schließen. Die Vergleiche innerhalb der Gruppen (gesamt/männlich/weiblich) zwischen den Mittelwerten im Alter von 7 und 10 Jahren decken eventuell bestehende signifikante Änderungen im Wachstumsverlauf auf.

Zur Stärkung der Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse wurde innerhalb der Untersuchungsgruppen der Einfluss einer begonnenen/erfolgten kieferorthopädischen Therapie berücksichtigt. Bei signifikanten Unterschieden zwischen kieferorthopädisch behandelten und nicht behandelten Probanden wurden nur jene ohne den behandlungs-

bedingten Einfluss betrachtet und in die Auswertung einbezogen.

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

Für die Untersuchung der Neunjährigen wurden Mittelwerte berechnet und die Werte innerhalb der Geschlechtergruppen (männlich vs. weiblich) sowie der Angle-Klassen-Gruppen (Klasse I vs. Klasse II) miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede geprüft.

##### **4.1.1 Maxilläre und mandibuläre intermolare Distanzen bei 9-Jährigen**

KNOTT [30],[31] untersuchte in ihrer Studie an Gipsmodellen von 13 Mädchen und 16 Jungen aus Nordamerika die Größe und Form der Zahnbögen bei guter Okklusion. Die Untersuchung erstreckte sich über einen Zeitraum vom 9.-15. Lebensjahr der Probanden. Als Messpunkte zur Bestimmung der posterioren transversalen Breiten dienten, im Gegensatz zur vorliegenden Studie, die bukkalen Einziehungen der ersten Molaren im cervikalen Bereich. Demnach sind größere Messergebnisse als in der eigenen Arbeit zu erwarten. KNOTT ermittelte für die 9-jährigen Mädchen eine durchschnittliche maxilläre transversale Breite von 53,7 mm. Der Messwert der *'Mandibulären intermolaren Distanz'* belief sich in der weiblichen Untersuchungsgruppe auf 50,1 mm.

Die männlichen Probanden zeigten bei Mittelwerten von 57,3 mm (*'Maxilläre intermolare Distanz'*) und 53,9 mm (*'Mandibuläre transversale Breite'*) prinzipiell höhere Messwerte als die weiblichen Probanden der gleichen Altersstufe. Dieses Ergebnis unterstützt die von vielen Autoren [25],[30],[37],[38],[68] beobachtete größere Dimension der Zahnbogenbreite bei Jungen gegenüber ihren Altersgenossinnen bereits im kindlichen Alter von 9 Jahren. Im Gegensatz zur der vorliegenden Studie verwendete KNOTT [31] Modelle mit guter Okklusion. Das Größenverhältnis der Messwerte im Vergleich zwischen Jungen und Mädchen zeigte ähnliche Tendenzen wie in der vorliegenden Arbeit, nämlich höhere Werte für die intermolaren Distanzen bei männlichen Probanden gegenüber den weiblichen Neunjährigen.

In einer Studie von LINDSTEN, ÖGAARD und LARSSON [34] wurden die transversalen Zahnbogendimensionen 119 norwegischer und 133 schwedischer Kinder im Alter von 9 aus den Sechziger und Achtziger Jahren analysiert und miteinander verglichen. Die Mittel-

werte der Breitenangaben bei den männlichen Probanden schwankten in den unterschiedlichen nordischen Bevölkerungsgruppen zwischen 45,2 mm und 46,2 mm für die '*Maxilläre intermolare Distanz*'. LINDSTEN [34] maß für die '*Maxilläre intermolare Distanz*' der norwegischen und schwedischen Mädchen eine Mittelwertspanne von 43,9 mm bis 45,2 mm. In diese Spanne fällt der innerhalb der vorliegenden Arbeit ermittelte Mittelwert von 45,1 mm bei 9-jährigen ostwestfälischen Mädchen. Für den Unterkiefer verwendete LINDSTEN die **mesiobukkale** Höckerspitzen als Messpunkte. Es ist daher zu erwarten, dass die ermittelten Messwerte vernachlässigbar kleiner ausfallen als die der vorliegenden Studie. Die von LINDSTEN untersuchten männlichen Probanden zeigten eine '*Mandibuläre intermolare Distanz*' von 42,8 mm bis 44,5 mm. Die mandibulären transversalen Breiten ihrer Altersgenossinnen bewegten sich zwischen 42,4 mm und 43,4 mm. Wie zu erwarten, fallen die Werte der Messungen im Unterkiefer bei LINDSTEN gegenüber den eigenen Werten geringer aus. Gleichzeitig ist auch bei LINDSTEN eine Tendenz zu breiteren transversalen Dimensionen der Jungen gegenüber den Mädchen zu erkennen.

LUX [38] Untersuchung über die physiologische Breitenentwicklung des Gesichtschädels und der Zahnbögen bei Kindern im Alter von 7 bis 15 Jahren beruht auf Aufzeichnungen der Belfaster Wachstumsstudie von C.P. ADAMS [1]. Die Kiefermodelle von 16 Probanden (10 männlich/6 weiblich) mit guter Okklusion (Angle Klasse I, geringen Engständen, kein tiefer oder offener Biss, kein Kreuzbiss) wurden zur Auswertung herangezogen. Die Messungen wurden ab dem 7. bis zum 15. Lebensjahr in 2-jährigen Intervallen durchgeführt. Als Messpunkte zur Bestimmung der '*Intermolaren Distanzen*' wurden die gleichen korrespondierenden Punkte wie in der vorliegenden Studie verwendet. Die '*Maxilläre intermolare Distanz*' der von LUX untersuchten 9-jährigen männlichen Probanden mit guter Okklusion betrug durchschnittlich 47,7 mm. Somit weisen die Jungen der vorliegenden Studie mit einem Mittelwert von 45,9 mm (Tabelle 18, Seite 68) eine im Durchschnitt um -1,8 mm geringere posteriore transversale Breite im Oberkiefer auf. Die '*Mandibuläre intermolare Distanz*' betrug nach LUX in der Gruppe der 9-jährigen Jungen 48,0 mm und zeigt im Vergleich zu den eigenen Messwerten von durchschnittlich 47,1 mm (Tabelle 19, Seite 68) ein um +0,9 mm

größeres Messergebnis. Die Messungen der Unterkieferbreiten stimmen damit nahezu mit den eigenen Untersuchungsergebnissen überein.

In der weiblichen Gruppe beschrieb LUX [38] einen Mittelwert von 45,6 mm für die *'Maxilläre intermolare Distanz'* und weicht damit nur um +0,5 mm von dem in der vorliegenden Arbeit ermittelten Ergebnis von 45,1 mm ab (Tabelle 18, Seite 68). Für die *'Mandibuläre intermolare Distanz'* der Mädchen ermittelte LUX einen Wert von 46,0 mm, welcher nur um 0,5 mm unter dem in der vorliegenden Untersuchung ermittelten Durchschnittswert von 46,5 mm (Tabelle 19 Seite 68) liegt.

Die Abweichungen der verglichenen Messwerte der beiden Studien könnten auf den Umstand zurückzuführen sein, dass in der eigenen Arbeit die Gesamtheit der männlichen und weiblichen Probanden ohne Berücksichtigung des Angle-Klassen Befundes betrachtet wurde, wo hingegen bei LUX nur Modelle mit Klasse I Verzahnung ausgewertet wurden.

In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass bei Bestehen einer Klasse II-Verzahnung häufig ein zu schmaler Oberkieferzahnbogen vergesellschaftet ist. Diese Hypothese wird an anderer Stelle näher diskutiert (Kapitel 4.1.1.1, Seite 110).

Der Großteil innerhalb des eigenen Probandenguts der 9-Jährigen ist einem Angle-Klasse II Befund zuzuordnen (Abbildung 38, Seite 46). Diese Tatsache würde die geringeren Mittelwerte der Oberkieferbreiten gegenüber den von Lux ermittelten Werten erklären.

Im Vergleich der Geschlechter zeigten sich bei LUX [38] für die *'Maxilläre intermolare Distanz'* statistisch signifikante Abweichungen voneinander, diese Tatsache kann innerhalb der vorliegenden Arbeit bestätigt werden, auch hier ist der Unterschied der Messwerte für die *'Maxilläre intermolare Distanz'* zwischen den 9-jährigen Jungen und Mädchen statistisch signifikant (Tabelle 18, Seite 68). Der Vergleich der Messwerte für die *'Mandibuläre intermolare Distanz'* zwischen Jungen und Mädchen zeigte bei LUX im Gegensatz zur vorliegenden Studie (Tabelle 19, Seite 68) zwar keine signifikanten Abweichungen auf, jedoch war der Mittelwert der männlichen Probanden größer als der Wert der weiblichen Testpersonen, sodass eine Tendenz in ähnlicher Richtung erkennbar ist.

MOYERS ET AL. [45] untersuchten 208 Jungen und Mädchen im Alter von 5-18 Jahren, an denen noch keine kieferorthopädische Behandlung begonnen wurde. Verschiedene

Zahnbogendimensionen sollten analysiert werden. Für die Messungen der posterioren transversalen Ausmaße dienten in **beiden** Kiefern die zentralen Fossae der 6-Jahrmolaren als Referenzpunkte. Die männlichen Probanden wiesen eine durchschnittliche maxilläre intermolare Distanz von 44,0 mm auf. Die weiblichen Testpersonen hingegen zeigten einen geringeren Mittelwert von 42,9 mm.

Für die mandibulären intermolaren Abstände der 9-jährigen Jungen wurden 41,3 mm gemessen. Auch innerhalb der Messungen im Unterkiefer zeigten, wie auch schon im Oberkiefer, die weiblichen Probanden mit 40,4 mm einen geringeren Messwert als ihre männlichen Altersgenossen auf.

Die Messwerte für die intermolaren Abstände der Oberkiefermolaren fallen gegenüber den eigenen Werten im Mittel um 2,0 mm geringer aus. Noch deutlichere Unterschiede zeigen die Vergleiche der Messwerte für die mandibulären intermolaren Distanzen. Die eigenen Messergebnisse sind auf beide Geschlechter bezogen um ca. 6 mm größer als bei MOYERS. Es sind zwar aufgrund der abweichenden Messpunkte im Unterkiefer bei MOYERS leicht kleinere Werte zu erwarten, jedoch nicht in einem solchen Ausmaß.

In Übereinstimmung mit den eigenen Untersuchungsergebnissen zeigten auch bei MOYERS die männlichen Probanden gegenüber den Weiblichen prinzipiell breitere transversale Ausdehnungen.

#### 4.1.1.1 Intermolare Distanzen unter Berücksichtigung der Klasse II

BACCETTI [4] untersuchte die Phasen des Milch- zum Wechselgebisses auf frühe '*dento-faciale*' Merkmale einer bestehenden Klasse II-Verzahnung. Dazu verglich er 25 Probanden mit unbehandeltem Klasse II-Befund und 22 Probanden mit idealer Bisssituation. Beide Untersuchungsgruppen wurden im durchschnittlichen Alter von ca. 5 Jahren, sowie im Alter von ca. 8 Jahren (+/-1 Jahr) untersucht. Zur Bestimmung der intermolaren Breiten wurden die gleichen Messpunkte wie in der hiesigen Studie verwendet. Die von BACCETTI ermittelten Messwerte werden mit den eigenen Ergebnissen in Relation betrachtet, da die untersuchten Altersgruppen leicht variieren und bestehende Wachstumsvorgänge die Messwerte beeinflussen. Die im Mittel 8-Jährigen der Studie von BACCETTI zeigten im Vergleich der Angle-Klassen I und II bezüglich der '*Maxillären intermolaren Distanz*' eine ähnliche Tendenz wie in der vorliegenden Unter-

suchung; Der durchschnittliche intermolare Abstand der Oberkiefermolaren ist bei Angle-Klasse I-Probanden respektive idealer Verzahnung im Vergleich zu Schülern mit Angle-Klasse II deutlich größer (Tabelle 20, Seite 69). Der intermolare Abstand der Unterkiefersechser ist gegenüber den eigenen Messungen (Tabelle 21, Seite 69) bei BACCETTI innerhalb der Klasse II-Kategorie um 1 mm größer.

In ihrer Untersuchung bescheinigen LUX ET AL. [37] den 9-jährigen Probanden mit Klasse II/1 den geringsten intermolaren Abstand in Ober- und Unterkiefer, wobei der Unterschied zur Klasse I lediglich im Oberkiefer als signifikant zu bezeichnen ist. Auch hier wird die Hypothese eines im Verhältnis zum Unterkiefer zu schmalen Oberkiefers bei Klasse II wie in der eigenen Untersuchung bestätigt.

BRAUN ET AL. [13] untersuchten u.a. die Form des menschlichen Zahnbogens und analysierten 15 Modelle mit Klasse I, 16 Modelle mit Klasse II und 9 Modelle mit Klasse III-Befunden unbehandelter Probanden. Zur Ermittlung der transversalen Breiten wurden für beide Kiefer die distobukkale Höckerspitzen der ersten Molaren als Messpunkte verwendet.

BRAUN hat den größten Mittelwert für die maxilläre intermolare Breite innerhalb der Probandengruppe mit Klasse III-Verzahnung gemessen, ebenso verhält es sich für den Mittelwert der mandibulären intermolaren Distanz. Die Vergleiche der transversalen Breitenmessungen von Angle-Klasse I und Angle-Klasse II-Patienten zeigten für die Gruppe der Klasse II generell geringere maxilläre Breiten. Diese Tatsache wird durch die vorliegenden Ergebnisse der eigenen Arbeit untermauert.

FRÖHLICH [21] untersuchte Personen mit Klasse II Verzahnung und verglich diese mit vorhandenen Normwerten. Alle Klasse II Probanden wiesen zu den Vergleichswerten schmalere intermolare Abstände auf.

WALKOW [69] beschreibt, dass ANGLE [2],[3] bereits Anfang des 20. Jahrhunderts innerhalb der Klasse II zwei Unterabteilungen differenzierte. Demnach zeichnet sich die Klasse II/1 charakteristischerweise durch einen engeren Oberkieferzahnbogen aus. In der Angle-Klasse II/2 seien die Bogendimensionen annähernd normal.

Auch MOORREES [43] hat in seiner Studie Probanden mit Klasse II/1 und Klasse II/2 verglichen und beweist zumindest für die erste Unterabteilung einen geringeren maxillären intermolaren Abstand.

In der eigenen Studie wurde eine Unterscheidung zwischen Angle-Klasse II/1 und Angle-Klasse II/2 bewusst nicht vorgenommen, da das Ausmaß einer Reklination der Oberkieferfrontzähne nur schwer an Modellbefunden messbar ist, d.h. zur Beurteilung der Zahnachsenneigung eigentlich die Analyse einer Fernröntgenseitenaufnahme notwendig ist.

Die eigenen Untersuchungsergebnisse belegen und unterstützen durch die erwiesene Signifikanz zwischen den Messwerten der '*Maxillären intermolaren Breiten*' der Klasse I und II die von verschiedenen Autoren aufgestellte These *des kollabierenden Oberkiefers bei bestehender Klasse II* [4],[7],[10],[21].

#### **4.1.2 Intermaxilläre Harmonien bei 9-Jährigen**

Zur Bestimmung der '*Intermaxillären Harmonie*' wird der ermittelte Durchschnittswert für die '*Mandibuläre intermolare Distanz*' von dem Mittelwert der '*Maxilläre intermolare Distanz*' subtrahiert. Da die in der hiesigen Studie verwendeten Messpunkte korrespondieren, müsste die Summe bei eugnathen Größenverhältnissen der Zahnbögen 'Null' ergeben.

Nach TOLLARO [67] und STALEY [66] ist die Differenz zwischen maxillärer und mandibulärer intermolärer Breite ein effektiver und einfacher Parameter zur Untersuchung von transversalen Kongruenzen der Zahnbögen.

Die eigenen Untersuchungsergebnisse für die Gesamtgruppe zeigen bei einem durchschnittlichen Summenwert von -1,3 mm, dass der Oberkiefer gegenüber dem Unterkiefer in der transversalen Dimension durchschnittlich um 1,3 mm zu schmal ist (Tabelle 22, Seite 70).

Diese negative Abweichung der Mittelwertdifferenzen lässt sich auch auf die Untergruppen (männlich/weiblich und Angle-Klasse I/II) übertragen (Tabelle 22, Seite 70), d.h. die maxillären transversalen Breiten sind gegenüber den mandibulären Breiten auch in den Untergruppen durchgehend zu schmal.

Die bereits erwähnte Studie von LINDSTEN [34] (Kapitel 4.1.1) untersuchte ebenfalls die *'Intermaxilläre Harmonie'* bei 9-Jährigen und verglich Messergebnisse aus den 60'er Jahren mit denen aus den 80'er Jahren. Allerdings wurden für den Unterkiefer von der hiesigen Studie abweichende Messpunkte verwendet, die nicht mit denen des Oberkiefers korrespondieren. Es wurden die mesiobukkalen Höckerspitzen der Sechsjahrmolaren als Referenzpunkte gewählt. Daher kann kein unmittelbarer Vergleich der Ergebnisse erfolgen. Laut LINDSTEN verringert sich die Differenz zwischen maxillärem und mandibulärem transversalen Abstand in den Untersuchungsgruppen aus den 80'ern stärker als in den Gruppen aus den 60'er Jahren; hier differieren posteriore Ober- und Unterkieferbreite stärker voneinander. Eine mögliche Begründung für die abnehmenden Differenzen zwischen Ober- und Unterkieferbreite finden LINDSTEN ET AL. [34],[35] u.a in der verringerten Kariesprävalenz bei den untersuchten Kindern aus den 80er Jahren gegenüber der Gruppe aus den 60ern. Da es durch weniger Karies zu keinem verfrühten Milchzahnverlust (Milchfünfer) gefolgt von einem Mesialdrift des ersten Molaren kommen kann und die Sechser dementsprechend in korrekter Position durchbrechen, ist auch die Relation zwischen Ober- und Unterkieferbreite ungestört. Auch nach Berücksichtigung dieses Aspektes lässt sich nicht genau eruieren, ob Maxilla oder Mandibula für die verringerte Distanz ihrer Breiten zueinander verantwortlich sind.

Bezüglich der Klasse II-Problematik weist LINDSTEN [34],[35] darauf hin, dass sich die Bissituation im Falle einer relativ zur Mandibula zu schmalen Maxilla allmählich in einen lateralen Kreuzbiss entwickeln kann.

In der oben beschriebenen Untersuchung von LUX ET AL. [37] weichen die Mittelwerte für die Messungen der *'Intermaxillären Harmonie'* in den männlichen und weiblichen Gruppen mit eugnather Bissituation (männlich -0,22 mm/weiblich -0,41 mm) am geringsten vom Normwert 'Null' ab, gefolgt von der Fraktion der als Angle-Klasse I befundenen Probanden (männlich -0,81 mm/weiblich -0,56 mm). Die stärksten Abweichungen sind in den Kategorien der Angle-Klasse II/1 (männlich -2,29 mm /weiblich -1,50 mm) und Angle-Klasse II/2 (männlich -1,64 mm/weiblich-1,48 mm) für beide Geschlechter zu beobachten.

In einer Studie von BISHARA [10] ist den Testpersonen mit Klasse I Befund größere Dif-

ferenzen zwischen maxillärer und mandibulärer Beite zugeschrieben worden, als den Probanden mit Klasse II-Verzahnung. Da die von BISHARA gewählten Messpunkte (mesiobukale Höckerspitzen der 6'er) nicht korrespondieren, ergeben sich für die Messungen der intermolare Breite im Oberkiefer generell größer Werte als im Unterkiefer. Geht man also davon aus, dass bei eugnather Verzahnung der Oberkiefermolarenabstand breiter ist als im Unterkiefer, so ergibt sich eine stärkere Differenz zwischen maxillärer und mandibulärer Breite als wenn man korrespondierende Messpunkte gewählt hätte. Im Falle der Klasse II-Bissituation bedeutet das eine geringere Differenz zwischen maxillärer und mandibulärer Breite, da ein Missverhältnis zwischen dem intermolaren Abstand des Oberkiefers zu dem des Unterkiefer besteht – wobei häufig ein zu enger maxillärer Zahnbogen vorliegt. BISHARA hat bei seinen männlichen Probanden signifikant größere Unterschiede zwischen den Differenzen der intermolaren Abstände bei Klasse I bewiesen als bei Klasse II. Innerhalb der untersuchten Mädchengruppen wurde eine ähnliche Tendenz entdeckt; die Abweichungen sind jedoch nicht signifikant.

In der vorliegenden Studie zeigen die Vergleiche der Differenzen der *'Intermaxillären Harmonie'* zwischen Jungen und Mädchen keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 23, Seite 73), die männlichen Probanden weisen eine um 0,2 mm geringere intermaxilläre Diskrepanz als die Mädchen auf.

Auch der Vergleich der Differenzwerte (OK-Breite - UK-Breite) zwischen den verschiedenen Angle-Klassen zeigt keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 24, Seite 73). Hier zeigt die Gruppe der kieferorthopädisch unbehandelten Angle-Klasse I-Probanden bei einer Differenz zwischen maxillärer und mandibulärer Breite von -1,2 mm eine um lediglich 0,1 mm geringer Abweichung als die Probanden mit Klasse II; es ist also eher in Bezug auf die Klasse I von einer Tendenz zu einer harmonischeren intermaxillären Beziehung zu sprechen.

TOLLARO ET AL. [67] untersuchten bei 60 Probanden während der Wechselgebissphase das Verhältnis der Differenz zwischen Ober- und Unterkieferbreite zu Unterkiefergröße und -position. Sie kamen zu dem Schluss, dass die größte Diskrepanz zwischen den hinteren Zahnbogenbreiten bei den Probanden mit Klasse II Verzahnung besteht und auf einen in

Relation zum Unterkiefer signifikant zu engen Oberkieferbogen zurückzuführen ist.

Auch BACCETTI [4] hat für die Analyse der *'Intermaxillären Harmonie'* der Klasse II einen zu schmalen Oberkieferbogen im Verhältnis zum Unterkiefer bestätigt und bezeichnete diese Tatsache als ein *'Charakteristikum der Angle-Klasse II'*.

#### **4.1.3 Relationen zwischen Schneidezahn- und Zahnbogenbreiten bei 9-Jährigen**

In der *'Korrelationstabelle zwischen BSI<sub>OK</sub> und der posterioren Zahnbogenbreite'* nach SCHMUTH [56] (Tabelle 2, Seite 22) ist jeder BSI<sub>OK</sub> ein Normwert für die ideale intermolare Distanz in mm zugeordnet.

In der vorliegenden Arbeit werden die Differenzen zwischen den tatsächlich gemessenen maxillären und mandibulären transversalen Breiten und diesen Sollwerten für die intermolaren Distanzen (*Kölner Zahlen*) unter Berücksichtigung der individuellen BSI<sub>OK</sub>-Werte berechnet.

D.h. positive Werte dieser Differenzen zeigen an, dass die gemessenen transversalen Breiten größer sind als es laut Normwerten nach SCHMUTH zu erwarten wäre.

Die Gesamtgruppe zeigt für die Oberkieferbreiten eine Abweichung von -0,1 mm und für die mandibulären transversalen Breiten von +1,2 mm zum vorgegebenen Normwert von SCHMUTH. Die negative Abweichung im Oberkiefer ist sehr gering und stimmt mit den Normwerten so gut wie überein. Für den Unterkiefer stellt sich folgendes dar: Die Differenz zum Normwert nach SCHMUTH ist positiv (1,2 mm), d.h. die durchschnittliche Unterkieferbreite der Probanden ist größer als der Normwert.

Aufgrund des großen Anteils von Probanden mit Angle-Klasse II-Verzahnung wäre insbesondere für den Oberkiefer eigentlich ein Missverhältnis zwischen eigenem Messwert und dem *Kölner*-Wert zu erwarten. Genauer: Wie bereits geschildert ist der Angle-Klasse II-Befund häufig mit einem zu schmalen Oberkiefer vergesellschaftet, d.h. eine ausgeprägte Abweichung zum Normwert der transversalen Breite ist also gerade im Oberkiefer zu erwarten. Die Ergebnisse zeigen aber eine stärkere Differenz der Unterkieferbreiten zum *Kölner*-Wert und könnten für den untersuchten Probandenkreis einerseits bedeuten, dass die Breiten der Unterkiefer prinzipiell zu groß sind. Andererseits könnten auch die von SCHMUTH modifizierten Normwerte, zumindest das vor-

liegende Probandengut betreffend, für die mandibuläre transversale Breite unpassend (sprich: zu klein) sein.

Die Werte der männlichen Testpersonen für die maxilläre intermolare Distanz in Relation zum Sollwert weichen durchschnittlich nur um 0,1 mm vom Normwert ab (Tabelle 27, Seite 78), d.h. ihre maxillären intermolaren Distanzen unterscheiden sich kaum zu den *Kölner* -Werten.

Die Werte der Mädchen differieren ebenfalls in sehr geringem Ausmaß um -0,2 mm zum Sollwert (Tabelle 27, Seite 78). Eine signifikante Abweichung der Differenzen zwischen Jungen und Mädchen ist nicht ersichtlich (Tabelle 27, Seite 78).

Bezüglich der Untersuchung im Unterkiefer lassen sich zusammengefasst folgende Ergebnisse benennen: sowohl die Messwert der Jungen als auch der Mädchen weichen positiv vom Sollwert ab und erscheinen im Geschlechtervergleich nicht signifikant unterschiedlich (Tabelle 28, Seite 79). Die ermittelten mandibulären intermolaren Distanzen sind im Verhältnis zum Sollwert betrachtet für beide Geschlechter zu groß.

Die Betrachtung der Angle-Klassen-Befunde zeigt bezüglich der '*Differenzen zu den Sollwerten der OK-Breiten*' für die Angle-Klasse I nur eine leichte positive Abweichung vom *Kölner* Sollwert und in der Gruppe der Klasse II eine negative Differenz; der Unterschied im Klassenvergleich ist nicht signifikant (Tabelle 29, Seite 79). Sogar die Messungen innerhalb der Angle-Klasse II-Fraktion zeigen eine fast gänzliche Übereinstimmung mit den Sollwerten nach SCHMUTH [56]; wie bereits diskutiert wäre dieses, auch nach den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen, nicht unbedingt zu erwarten.

Die *Differenzen zu den Sollwerten der UK-Breiten* fallen für die Klassen I und II positiv aus (Tabelle 30, Seite 79), d.h. die posterioren mandibulären Breiten sind demnach größer als die SCHMUTH'S Normwerttabelle zugrunde liegenden Werte. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Messwerten der beiden Angle-Klassen besteht nicht.

Die eigenen Durchschnittswerte der '*Maxillären intermolaren Distanzen*' weichen auf alle Gruppen bezogen nur gering von den nach SCHMUTH [56] modifizierten Sollwerten in Abhängigkeit zur BSI<sub>OK</sub> ab und zeigen somit eine fast absolute Übereinstimmung.

Tendenziell bestehen bei den Unterkiefermesswerten stärkere Abweichungen vom Sollwert als bei den Werten des Oberkiefers. Der Durchschnittswert der mandibulären inter-

molaren Breite bei den 9-jährigen Jungen zeigt die ausgeprägteste Differenz vom Kölner Normwert.

Den nach SCHMUTH [56] modifizierten Sollwerten liegen die ursprünglich von PONT [51] entwickelten Relationen zugrunde. PONT's Berechnungen basieren auf Untersuchungen an einer südfranzösischen Population am Anfang des vergangenen Jahrhunderts. SCHMUTH reihte sich in die Reihe der Kritiker des PONT'schen Index ein und überarbeitete die von PONT erstellte Berechnungsformel durch Nachuntersuchungen an erfolgreich abgeschlossenen Behandlungsfällen; er entwickelte eine Modifikation.

Prinzipiell gehen die eigenen gemessenen Werte der intermolaren Distanzen eher für den Oberkiefer mit den Sollwerten nach SCHMUTH konform als die Werte des Unterkiefers. Wie schon viele frühere Studien [19],[22],[32],[47], zeigt auch die vorliegende Arbeit, dass Sollwertangaben insbesondere wenn sie auf mathematischen Berechnungen beruhen nicht als absolute Richtschnur angesehen dürfen, da doch zahlreiche Abweichungen vom Normwert auftreten können. Die Gründe dafür liegen auf der Hand: Zum einen Nichtberücksichtigung unterschiedlicher Altersklassen und evtl. bestehender Differenzen zwischen dentalem und chronologischem Alter zum anderen ethnische Besonderheiten und/oder geschlechtsspezifische Abweichungen. Jedoch kann der kritische Umgang mit dem diagnostischen Werkzeug '*Index*' in der kieferorthopädischen Praxis sehr nützlich und hilfreich sein. Auch PONT [51] schien sich bereits 1909 der eben angeführten Tatsachen bewusst und sagte:

*„I must warn you that my research has been made exclusively on the jaws of the people of the French race and I would be much pleased if, at later date, others of my colleagues could verify the correctness of this on other races“.*

#### **4.2 Longitudinaluntersuchungen bei 7- und 10-jährigen Probanden**

Da das kieferorthopädisch behandlungsbedürftige Klientel zum größten Teil aus im Wachstum befindlichen Kindern besteht, ist das Wissen über Wachstumsveränderungen bezüglich der transversalen Zahnbogendimensionen für den Kieferorthopäden von großer Bedeutung.

Das Wissen um diese Wachstumsprozesse spielt bei der Einschätzung von Behand-

lungserfolgen und -ergebnissen, sowie deren Stabilität und Rezidivfreudigkeit eine entscheidende Rolle [5]. Nach MOCHIZUKI [42] ist es z.B. zur Bestimmung des optimalsten Behandlungsstarts nützlich festlegen zu können, wo und wann in der Zahnbogenentwicklung Engstände entstehen.

Viele Studien [4],[8],[10],[20],[30],[36],[38],[37],[39],[44],[55],[66],[68] befassten sich mit den Veränderungen der Zahnbogendimensionen im zeitlichen Verlauf. Die verschiedenen Untersuchungen betrachten unterschiedlich lange Zeiträume. Für die vorliegende Studie wurden anhand derselben Individuen sowohl im Alter von 7 Jahren als auch im Alter von 10 Jahren Analysen durchgeführt, um die erhaltenen Messwerte einem longitudinalen Vergleich zugänglich zu machen. Die Diskussion der eigenen Ergebnisse mit denen anderer Studien geschieht durch den Vergleich von Wachstums*veränderungen*, da die Nutzung unterschiedlicher Methoden (z.B. differierende Messpunkte, Alter der Untersuchungsgruppen, etc.) keine Gegenüberstellung absoluter Messwerte erlaubt.

#### ***4.2.1 Entwicklung der transversalen intermolaren Distanzen***

LEE [33] hat in seinem literarischen Rückblick beruhend auf Untersuchungen von MOYERS [45],[46] nicht nur die variierenden Wachstumsveränderungen der *'Intermolaren Distanzen'* zwischen Jungen und Mädchen beschrieben, sondern vor allem für die Zeit zwischen dem 7. und 12. Lebensjahr bei kieferorthopädisch unbehandelten Gebissen beider Geschlechter ein stärkeres Breitenwachstum für den Oberkieferzahnbogen gegenüber dem Unterkiefer festgestellt. So hat die Maxilla um etwa 3 mm in der Transversalen zugenommen, die Mandibula hingegen nur 2 mm. Diese Aussage stimmt mit Untersuchungen von STÖCKLI ET AL. [24] überein. Diese besagen, dass sich der Intermolarenabstand insgesamt um ca. 3 mm im Laufe des 6.-18. Lebensjahres verbreitert. Das stärkere Ausmaß der transversalen Wachstumsexpansion im Oberkiefer im Gegensatz zum Unterkiefer kann tendenziell ebenfalls durch die eigenen Untersuchungsergebnisse bestätigt werden.

Auch innerhalb der oben erwähnten Studie von BACCETTI [4] wird das geringere Breitenwachstum des Unterkiefers gegenüber dem Oberkiefer belegt. Bereits im Verlaufe des von BACCETTI untersuchten Zeitraumes vom 5.-8. Lebensjahres tritt dieses Wachstumsverhalten auf.

BISHARA [8],[9] hat in seiner Untersuchung von 51 Probanden beginnend in der 6. Lebenswoche bis zum 45. Lebensjahr bewiesen, dass die Zahnbögen sowohl der Maxilla als auch der Mandibula im Zeitraum vom 3.-13. Lebensjahr signifikanten Wachstumsvorgängen ausgesetzt sind.

MOYERS [45],[46] kann ein Anwachsen der transversalen Dimensionen für beide Kiefer bestätigen. ODAJIMA [50] untersuchte in zweimonatigen Intervallen 127 Kinder in einem Zeitraum vom 6. Monat bis zum 15. Lebensjahr und kam zu dem Schluss, dass die posteriore transversale Breite ab der 1. Dentition nur stufenweise zunimmt und ab dem 12. Lebensjahr stabil bleibt.

NODA [48] hat in einer Untersuchung an zwei ausgewählten Probanden mit eugnather Okklusion über einen Zeitraum vom 6.-12. Lebensjahr eine Vergrößerung der intermolaren Distanzen bis zum Ausfall des zweiten Milchmolaren, also um das 11. Lebensjahr beschrieben.

BARROW und WHITE [5] haben für das Oberkieferbreitenwachstum eine Zunahme bis zum 11. Lebensjahr und danach eine allmähliche geringfügige Abnahme beobachtet, die sie in der Mesialbewegung der 6-Jahrmolaren begründet sehen, welche durch eine verfrühte Exfoliation der zweiten Milchmolaren begünstigt wird.

In Übereinstimmung mit den oben beschriebenen Untersuchungen von LUX [37], der im Alter von 7 Jahren bereits mehr als 95 % des transversalen Breitenwachstums realisiert sieht und dem literarischen Rückblick von LEE [33] wird dem Oberkiefer, unterstützt durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie, ein stärkeres transversales Wachstum bescheinigt als dem Unterkiefer.

LUX [37],[38] untersuchte in einer weiteren Studie die Entwicklung der Zahnbogenbreite bei unbehandelter Klasse II in der Zeit zwischen der frühen Wechselgebissphase und dem bleibenden Gebiss. Er bediente sich Aufzeichnungen einer Studie aus Belfast von C.P. ADAMS [1], die sich mit 7- bis 15-jährigen kieferorthopädisch unbehandelten Probanden auseinandersetzte. Unter Verwendung gleicher Messpunkte wie in der vorliegenden Studie bestätigte er den männlichen Kindern ein stärkeres Breitenwachstum als den weiblichen Testpersonen. Dieses Ergebnis kann in der aktuellen Arbeit für den Untersuchungszeitraum vom 7. bis zum 10. Lebensjahr nicht verifiziert werden; hier zeigen die Mädchen, bei zwar geringeren Mittelwerten der 'Intermolaren Distanz', eine

größere Wertänderung des maxillären intermolaren Abstandes mit 1,4 mm gegenüber den Jungen mit 1,2 mm (Tabelle 48, Seite 93). Beide Wertänderungen sind statistisch signifikant.

Für den gesamten von LUX untersuchten Zeitraum vom 7.-15. Lebensjahr sind die wachstumsbedingten Wertänderungen für die maxillärer intermolare Breite signifikant. Betrachtet man aber den der hiesigen Studie nahekommenden Altersabschnitt (7-10 Jahre) so sind keine signifikanten Änderungen für die *'Maxilläre und Mandibuläre intermolaren Distanzen'* zu verzeichnen.

SILLMAN [65] belegte in einem Untersuchungszeitraum von der Geburt bis zum 25. Lebensjahr für 65 Personen ein besonders stark voranschreitendes Breitenwachstum bei den männlichen Probanden.

HASSANALI [25] untersuchte 6, 8 und 12 Jahre alte kenianische Kinder unterschiedlicher Stammeszugehörigkeit. Die Messpunkte für die intermolare Distanz lagen in dieser Studie an der bukkalen Einziehung der Molaren. Die männlichen Probanden zeigten im Vergleich zu ihren weiblichen Altersgenossen prinzipiell eine größere intermolare Distanz. Mit zunehmendem Alter nahmen die Mittelwerte innerhalb aller Gruppierungen zu. Auch HASSANALI unterstützt die Aussage, dass der Oberkiefer stärker wächst als der Unterkiefer.

TSUJINO [68] begleitete 28 Personen ohne kieferorthopädische Behandlung ab einem Alter von 3 Jahren bis zu ihrem 20. Lebensjahr. Als Messpunkte für die transversalen Abstände dienten die tiefsten Einziehungen der ersten Molaren am lingualen Gingivalsaum. TSUJINO stellte für die maxilläre transversale Breite im Molarenbereich eine schrittweise Verbreiterung fest (vom 8.-10. Lebensjahr ca. 1 mm), die sich nach dem 15. Lebensjahr kaum noch veränderte. Nach Durchbruch der ersten Molaren im Unterkiefer (mit 6 Jahren) nahm der intermolare Abstand etwa 2-3 Jahre lang geringfügig (vom 8.-10. Lebensjahr um etwa 0,4 mm) zu; danach seien keine bemerkenswerten Änderungen mehr festzustellen. Die Mittelwerte der männlichen Probanden waren im Durchschnitt größer als die der Weiblichen.

LEE [33] fasst für die transversale Entwicklung folgendes zusammen:

Männliche Zahnbögen wachsen breiter als Weibliche. Die oberen und unteren intermolaren Breiten nehmen spontan bis zu einem erheblichen Ausmaß zwischen dem 7.

und 18. Lebensjahr, besonders bei den männlichen Testpersonen zu.

SATO [55] untersuchte über eine Periode von 10 Jahren Kinder im Alter von 5-15 Jahren und verglich Normgebisse mit Angle-Klasse I und Angle-Klasse II-Befunden in Bezug auf Veränderungen der transversalen Breite im zeitlichen Verlauf. Die Probanden mit Angle-Klasse II zeigten im Untersuchungszeitraum ein erhebliches Wachstum der Zahnbogenlänge und -breite, wobei die Messwerte mit Ausnahme der maxillären intermolaren Breite größer ausfallen als die der Kontrollgruppe mit eugnather Verzahnung.

Auch in dieser Aussage spiegelt sich die zurückhaltende (verminderte) transversale Entwicklung des Oberkiefers bei bestehender Klasse II-Verzahnung wider.

Auch LUX [36],[37],[38] sieht, wie bereits oben erwähnt, einen Zusammenhang zwischen einer Klasse II und den transversalen Zahnbogendimensionen.

FOSTER et al. [20] haben Wachstumsspitzen für den Oberkiefer zwischen dem 6. und 8. Lebensjahr beschrieben. Im Unterkiefer traten diese Phasen des maximalen Wachstums zwischen dem 9. und 10. Lebensjahres auf; sonst war ein gleichmäßiges Wachstumsverhalten zu beobachten.

Nach MOORREES [43] treten bei normalem Wachstum innerhalb der Wechselgebissphase erhebliche, individuell abweichende Variationen der Zahnbogenform auf, wobei immer eine tendenzielle Zunahme des intermolaren Abstandes zu erkennen ist.

LUX [36]: *„Das transversale Wachstumspotenzial der Zahnbögen zwischen 7 und 15 Jahren ist relativ geringer als das ihrer skelettalen Kieferbasen. - Es existiert also eine physiologische Wachstumsbeschränkung der Zahnbögen die bei jeder Platzgewinnung durch transversale Erweiterung mitberücksichtigt werden sollte.“*

#### **4.2.2 Entwicklung der intermaxillären Harmonie**

TOLLARO und STALEY [66],[67] haben die *'Intermaxilläre Harmonie'* als PTID (posterior transverse interarch discrepancy) definiert, also als Differenz zwischen der maxillären und mandibulären intermolaren Breite und eröffnen damit die Möglichkeit anhand eines einfachen und effektiven Parameters die transversale Kongruenz der Zahnbögen zu untersuchen.

Für die Gesamtgruppe der 169 Schülerinnen und Schüler zeigt sich in der vorliegenden Studie eine Abnahme der Wertedifferenzen vom 7. bis zum 10. Lebensjahr (Tabelle 51,

Seite 95). Auch der Vergleich der Gesamtgruppe (Tabelle 52, Seite 98) zeigt ebenfalls mit statistischer Signifikanz eine Abnahme der Abweichungen für die *'Intermaxilläre Harmonie'*, d.h. die Relation von Ober- zu Unterkieferbreite wird in diesen 3 Jahren auch ohne iatrogene Einflüsse harmonischer. Die Entwicklung der *'Intermaxillären Harmonie'* innerhalb der Untergruppe der männlichen Probanden drückt sich durch eine signifikante positive Wertänderung aus. Mit 10 Jahren besteht eine geringere Differenz der maxillären Breite in Relation zur mandibulären Breite als noch im Alter von 7 Jahren.

Bezüglich der *'Intermaxillären Harmonie'* erfahren die Werte der weiblichen Testpersonen im zeitlichen Verlauf keine Veränderung. Die **Differenz** zwischen Oberkiefer- und Unterkieferbreite bleibt konstant.

FRÖHLICH [21] untersuchte Probanden mit unterschiedlichen Klasse II-Befunden und erkannte bei allen eine zu geringe maxilläre intermolare Distanz, der Oberkiefer kollabiert.

BISHARA ET AL. [10]: „Klasse II-Fehlstellungen sind u.a. häufig Ausdruck vertikaler und transversaler Diskrepanzen.“. Im Rahmen seiner Untersuchung von Klasse II-Fällen im zeitlichen Verlauf des 5.-12,5. Lebensjahres benennt BISHARA einen für die kieferorthopädische Praxis relevanten Aspekt: „*Die relative transversale Verengung des Oberkieferbogens im Verhältnis zum Unterkiefer drückt sich schon in frühen Stadien der Zahnbogenentwicklung aus und setzt sich weiter fort, wobei keine Selbstkorrektur dieser Okklusionsanomalie zu erwarten ist.*“

**5. Literaturverzeichnis**

- [1] ADAMS CP. Changes in occlusion and craniofacial pattern during growth. Trans Eur Orthod Soc. 1972;85-96.
- [2] ANGLE EH. Classification of malocclusion. Dental Cosmos. 1899;41:148-264;350-57.
- [3] ANGLE EH. Die Okklusionsanomalien der Zähne. Meusser, Berlin 1913.
- [4] BACCETTI T, FRANCHI L, MC NAMARA JA JR, TOLLARO I. Early dentofacial features of Class II malocclusion: A longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. Am J Orthod Dentofacial Orthop 111:502-9.
- [5] BARROW GV, WHITE JR. Developmental changes of the maxillary and mandibular dental arches. Angle Orthod. 1952;22:41-6.
- [6] BEERENDONK H. Dentalschieblehre. Prospekt Fa. Seitz & Haag, Gießen; Fa. Dentaurum, Pforzheim 1951.
- [7] BISHARA SE. Mandibular changes in persons with untreated and treated Class II Division 1 malocclusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1998;113:661-73.
- [8] BISHARA SE, JAKOBSEN JR. Arch width changes from 6 weeks to 45 years of age. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997;111:401-9.
- [9] BISHARA SE, HOPPENS BJ, JAKOBSEN JR, KOHOUT FJ. Changes in the molar relationship between the deciduous and permanent dentitions: a longitudinal study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1988;93:19-28.
- [10] BISHARA SE, BAYATI P, JAKOBSEN JR. Longitudinal comparisons of dental arch changes in normal and untreated Class II, Division 1 subjects and their clinical implications. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996;110:483-9.
- [11] BOLTON WA. Disharmony in tooth size and its relation to the analysis and treatment of malocclusion. Angle Orthod. 1958;28:113-30.
- [12] BOLTON WA. The clinical application of a tooth size analysis. Am J Orthod. 1962;48:504-29.
- [13] BRAUN S, HNAT WP, FENDER DE, LEGAN HL. The form of the human dental arch. Angle Orthod. 1998;68:29-36.
- [14] BRUNE K. Die Brauchbarkeit der Zahnbogenindizes in der Kieferorthopädie. Zahnärztl Praxis. 1966;17:79-82.

- [15] DALIDJAN M, SAMPSON W, TOWNSEND G. Prediction of dental arch development: an assessment of Pont's Index in three human populations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107:465-75.
- [16] EHMER U. Klassifikation der kieferorthopädischen Befunde. In: DIEDRICH P, EDS. *Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik.* München: Urban&Fischer. 2000:109-18.
- [17] ENLOW DH. Wachstum und Entwicklung der Gesichtsstrukturen. In: SCHMUTH G, VARDIMON AD, EDS. *Kieferorthopädie.* Stuttgart: Thieme, 1994:19-32.
- [18] FISCHER-BRANDIS, H, STAHL, EDS. *Kieferorthopädische Modellanalyse.* München-Wien: Hanser-Verlag, 1995.
- [19] FLOCK S, JANSEN W, ROBERTZ M, SCHMUTH G. Überprüfung abgeschlossener kieferorthopädischer Behandlungsfälle unter besonderer Berücksichtigung der Zahnbogenvermessung. *Dtsch zahnärztl Z.* 1961;16:48-56.
- [20] FOSTER TD, GRUNDY MC, LAVELLE CL. A longitudinal study of dental arch growth. *Am J Orthod.* 1977;72:309-14.
- [21] FRÖHLICH FJ. Changes in untreated Class II Type malocclusion. *Angle Orthod.* 1962;32:167-79.
- [22] GUPTA DS, SHARMA VP, AGGARWAL SP. Pont's Index as applied on Indians. *Angle Orthod.* 1979;58:269-71.
- [23] HARTH P. Biometrische Untersuchungen über die Dimensionen des Normalgebisses in verschiedenen Lebensaltern- Intramaxilläre Beziehungen. *Dtsch Monatsschr Zahnheilk.* 1930;48:15-37.
- [24] HARZER W. *Lehrbuch der Kieferorthopädie* München, Wien: Hanser, 1999
- [25] HASSANALI J, ODHIAMBO JW. Analysis of dental casts of 6-8- and 12-year-old Kenyan children. *Eur J Orthod.* 2000;22:135-42.
- [26] HOCKEL JL. Diagnosis and treatment planning for orthopedic gnathology. Chapter 3. In: *Orthopedic gnathology.* Chicago: Quintessence Publishing, 1983:73.
- [27] KAHL-NIEKE B. *Einführung in die Kieferorthopädie.* 2., neu überarb. Auflage, Urban & Fischer Verlag München, Jena 2001.

- [28] KINAST H. Der orthopädische Messkeil- ein Beitrag zur Problematik des Zahnbreitensummen-Zahnbogenlängen-Verhältnisses. Fortschr Kieferorthop. 1988;49:170-91.
- [29] KLINK-HECKMANN U, BREDY E. Kieferorthopädie. Leipzig, 1990.
- [30] KNOTT VB. Longitudinal study of dental arch width at four stages of dentition. Angle Orthod. 1972;42:387-94.
- [31] KNOTT VB. Size and Form of the dental arches in Children with Good Occlusion Studied Longitudinally from Age 9 Years to Late Adolescence. Am J Phys Anthropol. 1961;19:263-84.
- [32] KORKHAUS G. Orthodontische Diagnostik, dreidimensionale Modellvermessung. Fortschr Zahnheilk. 1932;8, 719-36.
- [33] LEE RT. Arch width and form: A review. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1999;115:305-13.
- [34] LINDSTEN R, OGAARD B, LARSSON E. Transversal dental arch dimension in 9-year-old children born in the 1960s and the 1980s. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001;120:576-84.
- [35] LINDSTEN R, OGAARD B, LARSSON E, BJERKLIN K. Transverse dental and dental arch depth dimensions in the mixed dentition in a skeletal sample from the 14<sup>th</sup> to the 19<sup>th</sup> century and Norwegian children and Norwegian Sami children of today. Angle Orthod. 2002;72:439-48.
- [36] LUX CJ, CONRADT C, KOMPOSCH G. Physiologische Breitenentwicklung des Gesichtsschädels und der Zahnbögen zwischen 7 und 15 Jahren. Aus: Vorträge der DGKFO 2002, V5.
- [37] LUX CJ, CONRADT C, BURDEN D, KOMPOSCH G. Dental arch widths and mandibular-maxillary base widths in class II malocclusions between early mixed and permanent dentitions. Angle Orthod. 2003;73:674-85.
- [38] LUX CJ, CONRADT C, KOMPOSCH G. Transverse development of the craniofacial skeleton and dentition between 7 and 15 years – A longitudinal postero-anterior cephalometric study. Eur J Orthod. 2004;26:31-42.
- [39] MARSHALL S, DAWSON D. Transverse molar movements during growth. Am J Orthod. 2003;124:615-24.

- [40] MIETHKE RR. Schädelentwicklung. In: DIEDRICH P, EDS. Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik. München: Urban&Fischer, 2000:19-44.
- [41] MISCHKE KL. Präzision der computergestützten zweidimensionalen kieferorthopädischen Modellanalyse im Vergleich zur konventionellen Methode. Dissertation, Münster 2000.
- [42] MOCHIZUKI M, HASEGAWA K, MACHIDA Y. A longitudinal study of the development of crowded dental arch. Bull Tokyo Dent Coll. 1998;39:41-6.
- [43] MOORREES C. Growth studies of the dentition: A review. Am J Orthod. 1969;55:600-16.
- [44] MOTOYOSHI M, HIRABAYASHI M, SHIMAZAKI T, NAMURA S. An experimental study on mandibular expansion: increases in arch width and perimeter. Eur J Orthod. 2002;24:125-30.
- [45] MOYERS RE. Handbook of Orthodontics. 3rd Edition, Year Book Medical Publishers, Chicago, 1973.
- [46] MOYERS RE, VAN DER LINDEN F. Standards of Human Occlusal Development. Ann Arbor: Craniofacial Growth Series, Monograph Number 5, 1976.
- [47] MÜHLBERG G, BRÄUNIGER H, WEISKOPF J. Zur kritischen Beurteilung des Pont'schen Indexes unter Berücksichtigung des geschlechtbedingten Einflusses. Dtsch Stomatol. 1969;19:689-700
- [48] NODA T. Observation on two cases of change in dental arch and occlusion during the period of changing dentition. Bull Tokyo Med Dent Univ. 1976;23:169-77.
- [49] NÖTZEL F, SCHULTZ CH. Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik.
- [50] ODAJIMA T. A longitudinal study on growth and development of dental arch of primary, mixed and permanent dentitions. Abstract, Shikwa Gakuho. 1990;90:369-409.
- [51] PONT, A. Der Zahn-Index in der Orthodontie. Z Zahnärztl Orthop. 1909;3:306-21.
- [52] RAKOSI T, JONAS I. Wachstum des Gesichtsschädels. In: RATEITSCHAK KH, EDS. Kieferorthopädie-Diagnostik, Farbatlant der Zahnmedizin Bd. 8. Stuttgart: Thieme, 1989:5-25.

- [53] RAKOSI T, JONAS I. Modellanalyse. In: RATEITSCHAK KH, EDS. Kieferorthopädie-Diagnostik, Farbatlanten der Zahnmedizin Bd. 8. Stuttgart: Thieme, 1989:207-20.
- [54] SANDER FG Modellanalyse. In: DIEDRICH P, EDS. Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik. München, Jena, 2000:195-219.
- [55] SATO A. Longitudinal study of dental arch forms, with special reference to normal and malocclusions. Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi. 1989;27:635-72.
- [56] SCHMUTH G. Befunderhebung und Systematik in der Kieferorthopädie. In: SCHMUTH G, EDS. Kieferorthopädie I, Praxis der Zahnheilkunde 11, 3. Auflage. München: Urban&Schwarzenberg, 1994:3-47.
- [57] SCHMUTH G, VARDIMON A. Kieferorthopädie. Stuttgart: Thieme, 1994:130-39.
- [58] SCHMUTH G, VARDIMON A. Kieferorthopädie Grundzüge und Probleme. Stuttgart: Thieme, 1982.
- [59] SCHNEIDER H. Kieferorthopädie. 3. Auflage Zahnmedizin in Theorie und Praxis-Band 2. Aachen, Apollonia Verlag 1990.
- [60] SCHOPF P. Curriculum Kieferorthopädie. Band 1, Schädel- und Gebissentwicklung-Prophylaxe-Kieferorthopädische Diagnostik-Herausnehmbare Behandlungsgeräte. Frankfurt/Main: Quintessenz Verlag, 1991.
- [61] SCHULZE CH. Lehrbuch der Kieferorthopädie. Einführung in die Kieferorthopädie, Anamnese und Befunderhebung unter besonderer Berücksichtigung der Modellanalyse. Band 1, 3., überarbeitete Auflage, Berlin: Quintessenz Verlag, 1993.
- [62] SCHULZE CH. Lehrbuch der Kieferorthopädie. Die normale und abnorme Entwicklung des Gebisses, Die Umbauvorgänge im Parodontium und Kiefergelenksbereich, Morpho- bzw. Pathogenese und Ätiologie der Dysgnathien. Band 3, 2., überarbeitete Auflage, Berlin: Quintessenz Verlag, 1993.
- [63] SCHWENZER N, DAUSCH-NEUMANN D, FLORES-DE-JACOBY L. Kieferorthopädie – Parodontologie. Stuttgart: Thieme, 1987.
- [64] SIGRIST, STEGMANN. Makro Fotoschule. Schaffhausen, Photographie-Verlag, 1997.

- 
- [65] SILLMAN JH. serial study of good occlusion from birth to 12 years of age. *Am J Orthod.* 1951;37:481-507.
- [66] SLAJ M. Longitudinal Dental Arch Changes in the Mixed Dentition. *Angle Orthod.* 2003;73:509-14.
- [67] TOLLARO I, BACCETTI T, FRANCHI L, TANASESCU CD. Role of posterior transverse discrepancy in Class II, Division I malocclusion during the mixed dentition phase. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996;110:417-22.
- [68] TSUJINO K, MACHIDA Y. A longitudinal study of the growth and development of the dental arch width from childhood to adolescence in Japanese. *Bull Tokyo Dent Coll.* 1998;39:75-89.
- [69] WALKOW TM, PECK S. Dental arch width in Class II Division 2 deep-bite malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002;122:608-13.
- [70] WEISE W. Weitere Untersuchungen über Zahnbogensollwerte. *Fortschr Kieferorthop.* 1967;28:369-76.
- [71] ZÖFEL P. Statistik verstehen. Ein Begleitbuch zur computergestützten Anwendung. München: Addison-Wesley, 2002.

**6. Danksagung**

Mein Dank gilt

Frau Prof. Dr. med. dent. U. Ehmer für die Möglichkeit der Promotion innerhalb der kieferorthopädischen Abteilung des Universitätsklinikums Münster, sowie für die freundliche Unterstützung, die Überlassung des Themas und die zur Verfügungstellung des umfangreichen Datenpools.

Herrn OA Dr. med. dent. K.-L. Mischke insbesondere für die Hilfe in den informatischen und statistischen Fragestellungen, sowie für die umfassende und freundliche Betreuung während meiner gesamten Zeit als Doktorandin.

Meiner Familie.



**Anhang****Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Knochenwachstum durch Apposition (+) und Resorption (-) (Kortikalisdrift) [52].....	3
Abbildung 2: Die Einheit der Umbauvorgänge im Wachstum [24].....	4
Abbildung 3: Primäres Displacement [52].....	5
Abbildung 4: Sekundäres Displacement [52].....	5
Abbildung 5: Primäres Displacement des nasomaxillären Komplexes [52].....	8
Abbildung 6: Sekundäres Displacement des nasomaxillären Komplexes [52].....	8
Abbildung 7: Umkehrpunkt von Appositions- und Resorptionsprozessen [52].....	9
Abbildung 8: Wachstumsverlauf unterschiedlicher Organe und Gewebe: Vergleich Mandibula/Körper [24].....	10
Abbildung 9: Wachstum des Unterkiefers [52].....	11
Abbildung 10: Unterkiefer-Wachstum nach Enlow [52].....	12
Abbildung 11: V-Prinzip [17].....	14
Abbildung 12: Wachstum des Oberkiefers nach Enlow [24].....	14
Abbildung 13: Wachstum des Unterkiefers nach Enlow [52].....	15
Abbildung 14: Gebissbezügliche Orientierungsebenen [53].....	16
Abbildung 15: Oberkiefer - posteriore transversale Strecke [53].....	17
Abbildung 16: Unterkiefer - posteriore transversale Strecke [53].....	18
Abbildung 17: Vermessung des größten mesio-distalen Kronendurchmessers [49].....	19
Abbildung 18: Klasse I [53].....	23
Abbildung 19: Klasse II/1 [53].....	24
Abbildung 20: Klasse II/2 [53].....	24
Abbildung 21: Klasse III [53].....	25
Abbildung 22: Gesamtes Probandengut (7-, 9- und 10-Jährige).....	27
Abbildung 23: 7-jährige Probanden (auch mit 10 Jahren untersucht).....	28
Abbildung 24: 9-jährige Probanden.....	29
Abbildung 25: 10-jährige Probanden (schon mit 7 Jahren untersucht).....	29
Abbildung 26: Schieblehre nach Beerendonk [6].....	31
Abbildung 27: Modelle OK/UK beschriftet.....	31
Abbildung 28: Kamera.....	32
Abbildung 29: Versuchsaufbau - Modellfotos.....	33
Abbildung 30: Scan-Schablone - Modellfotos.....	34
Abbildung 31: Bild-Import-Formular der Datenbank.....	35
Abbildung 32: Screen-Shot des Modellanalyse-Formulars.....	37
Abbildung 33: Manuell visuelle Analyse.....	37
Abbildung 34: Roadmap der Probandenselektion (mit/ohne KFO).....	39
Abbildung 35: Roadmap der Querschnittsuntersuchung.....	41
Abbildung 36: Roadmap der Longitudinaluntersuchung.....	43
Abbildung 37: 9-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung).....	46
Abbildung 38: 9-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung).....	46
Abbildung 39: 7-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung).....	48
Abbildung 40: 10-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung).....	48
Abbildung 41: 7/10-Jährige - Geschlechterverteilung (mit/ohne KFO-Behandlung).....	49
Abbildung 42: 7-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung).....	50
Abbildung 43: 10-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung).....	51
Abbildung 44: 7/10-Jährige - Angle-Klassen (mit/ohne KFO-Behandlung).....	52
Abbildung 45: 9-Jährige Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz.....	64
Abbildung 46: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Maxilläre intermolare Distanzen.....	65
Abbildung 47: 9-Jährige (Angle-Kl. I/II) Boxplots: Maxilläre intermolare Distanzen.....	66
Abbildung 48: 9-Jährige Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz.....	67
Abbildung 49: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Mandibuläre intermolare Distanzen.....	68
Abbildung 50: 9-Jährige (Angle-Kl. I/II) Boxplots: Mandibuläre intermolare Distanzen.....	68
Abbildung 51: 9-Jährige Boxplots: Intermaxilläre Harmonie.....	72
Abbildung 52: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Intermaxilläre Harmonie.....	73

Abbildung 53: 9-Jährige (Angle-Kl. I/II) Boxplots: Intermaxilläre Harmonie.....	73
Abbildung 54: 9-Jährige Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	76
Abbildung 55: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	77
Abbildung 56: 9-Jährige (Angle Kl. I/II) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	77
Abbildung 57: 9-Jährige Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten.....	78
Abbildung 58: 9-Jährige (m/w) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten.....	79
Abbildung 59: 9-Jährige (Angle Kl. I/II) Boxplots: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	79
Abbildung 60: 7+10-Jährige Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz.....	90
Abbildung 61: 7+10-Jährige (männlich) Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz.....	91
Abbildung 62: 7+10-Jährige (weiblich) Boxplot: Maxilläre intermolare Distanz.....	91
Abbildung 63: 7+10-Jährige Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz.....	92
Abbildung 64: 7+10-Jährige (männlich) Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz.....	93
Abbildung 65: 7+10-Jährige (weiblich) Boxplot: Mandibuläre intermolare Distanz.....	93
Abbildung 66: 7+10-Jährige Boxplot: Intermaxilläre Harmonie.....	97
Abbildung 67: 7+10-Jährige (männlich) Boxplot: Intermaxilläre Harmonie.....	97
Abbildung 68: 7+10-Jährige (weiblich) Boxplot: Intermaxilläre Harmonie.....	98

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Korrelationstabelle nach Pont zwischen BSIOK und der posterioren Zahnbogenbreite.....	20
Tabelle 2: Korrelation zwischen BSIOK und der post. Zahnbogenbreite ([54], [49]).....	22
Tabelle 3: 9-Jährige K&S-Tests (gesamt): Alle Testvariablen.....	54
Tabelle 4: 9-Jährige K&S-Tests: Intermolare Distanzen.....	55
Tabelle 5: 9-Jährige K&S-Tests: Intermaxilläre Harmonien.....	55
Tabelle 6: 9-Jährige K&S-Tests: Sollwertdifferenzen der transversalen Breiten.....	56
Tabelle 7: 9-Jährige Vergleich (OK/UK): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	57
Tabelle 8: 9-Jährige Vergleich (m/w): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	58
Tabelle 9: 9-Jährige Vergleich (Angle-Klassen): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	59
Tabelle 10: 9-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	59
Tabelle 11: 9-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	60
Tabelle 12: 9-Jährige Vergleich (Angle-Klassen): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	60
Tabelle 13: 9-Jährige Vergleich: Differenzen zu Sollwerten der OK-/UK-Breiten mit/ohne KFO.....	61
Tabelle 14: 9-Jährige Vergleich (m/w): Differenzen zu Sollwerten der OK-/UK-Breiten mit/ohne KFO.....	61
Tabelle 15: 9-Jähriger Vergleich (Angle-Klassen): Differenzen zu Sollwerten der OK-/UK-Breiten mit/ohne KFO.....	62
Tabelle 16: 9-Jährige Mittelwerte: Maxilläre intermolare Distanzen.....	64
Tabelle 17: 9-Jährige Mittelwerte: Mandibuläre intermolare Distanzen.....	67
Tabelle 18: 9-Jährige Vergleich (m/w): Maxilläre intermolare Distanzen.....	69
Tabelle 19: 9-Jährige Vergleich (m/w): Mandibuläre intermolare Distanzen.....	69
Tabelle 20: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Maxilläre intermolare Distanzen.....	70
Tabelle 21: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Mandibuläre intermolare Distanzen.....	70
Tabelle 22: 9-Jährige Mittelwerte: Intermaxilläre Harmonien.....	71
Tabelle 23: 9-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien.....	74
Tabelle 24: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Intermaxilläre Harmonien.....	74
Tabelle 25: 9-Jährige Mittelwerte: Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	75
Tabelle 26: 9-Jährige Mittelwerte: Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten.....	78
Tabelle 27: 9-Jährige Vergleich (m/w): Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	80
Tabelle 28: 9-Jährige Vergleich (m/w): Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten.....	80
Tabelle 29: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Differenzen zu Sollwerten der OK-Breiten.....	81
Tabelle 30: 9-Jährige Vergleich (Angle-Kl. I/II): Differenzen zu Sollwerten der UK-Breiten.....	81
Tabelle 31: 7-Jährige K&S-Tests (gesamt): Alle Testvariablen.....	82
Tabelle 32 : 7-Jährige K&S-Tests: Intermolare Distanzen.....	83
Tabelle 33 : 7-Jährige K&S-Tests: Intermaxilläre Harmonien.....	83
Tabelle 34: 10-Jährige K&S-Tests (gesamt): Alle Testvariablen.....	84
Tabelle 35: 10-Jährige K&S-Tests: Intermolare Distanzen.....	84

---

Tabelle 36: 10-Jährige K&S-Tests: Intermaxilläre Harmonien.....	85
Tabelle 37: 7-Jährige Vergleich (OK/UK): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	86
Tabelle 38: 10-Jährige Vergleich (OK/UK): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	86
Tabelle 39: 7-Jährige Vergleich (m/w): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	86
Tabelle 40: 10-Jährige Vergleich (m/w): Intermolare Distanzen mit/ohne KFO.....	87
Tabelle 41: 7-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	88
Tabelle 42: 10-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	88
Tabelle 43: 7-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	88
Tabelle 44: 10-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien mit/ohne KFO.....	89
Tabelle 45: 7/10-Jährige Mittelwerte: Maxilläre intermolare Distanzen.....	90
Tabelle 46: 7/10-Jährige Mittelwerte: Mandibuläre intermolare Distanzen.....	92
Tabelle 47: 7/10-Jährige Vergleich: Maxilläre intermolare Distanzen.....	94
Tabelle 48: 7/10-Jährige Vergleich (m/w): Maxilläre intermolare Distanzen.....	94
Tabelle 49: 7/10-Jährige Vergleich: Mandibuläre intermolare Distanzen.....	95
Tabelle 50: 7/10-Jährige Vergleich (m/w): Mandibuläre intermolare Distanzen.....	95
Tabelle 52: 7/10-Jährige Vergleich: Intermaxilläre Harmonien.....	99
Tabelle 53: 7/10-Jährige Vergleich (m/w): Intermaxilläre Harmonien.....	100