

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Tübingen**

**Abteilung Poliklinik für Kieferorthopädie  
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. G. R. Göz**

**Veränderung der transversalen Zahnbogendimension  
durch vorprogrammierte Multibandapparaturen**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Till Edward Bechtold**

**aus**

**Mainz**

**2008**

Dekan:	Professor Dr. I. B. Autenrieth
1. Berichterstatter:	Professor Dr. Dr. G. R. Göz
2. Berichterstatter:	Professor Dr. G. Gomez-Román

Für meine Eltern

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2 Material und Methode</b>	<b>10</b>
2.1 Umfang/Einteilung	10
2.2 Befundbogen	11
2.3 Auswahl der Patientenfälle	12
2.4 Messpunkte/Messstrecken	13
2.5 Bemessung der Multiband-Behandlungsbögen	14
2.6 Messgeräte und Verfahren	18
2.7 Genauigkeitskontrolle	19
2.8 Statistik	19
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>20</b>
3.1 Vergleich der Behandlungsbögen	20
3.2 Veränderung der Zahnbogenbreiten	22
3.2.1 Veränderung der Zahnbogenbreiten im Oberkiefer	23
3.2.1.1 Messpunkt Eckzahnspitze (OK C (Sp))	23
3.2.1.2 Messpunkt Eckzahn distal (OK C (d))	25
3.2.1.3 Messpunkt 1. Prämolare (OK P1)	28
3.2.1.4 Messpunkt 2. Prämolare (OK P2)	30
3.2.1.5 Messpunkt 1. Molare (OK M1)	33
3.2.2 Veränderung der Zahnbogenbreiten im Unterkiefer	35
3.2.2.1 Messpunkt Eckzahnspitze (UK C (Sp))	35
3.2.2.2 Messpunkt Eckzahn distal (UK C (d))	38
3.2.2.3 Messpunkt 1. Prämolare (UK P1)	40
3.2.2.4 Messpunkt 2. Prämolare (UK P2)	43
3.2.2.5 Messpunkt 1. Molare (UK M1)	45

## Inhaltsverzeichnis

3.3	Statistische Informationen zu Patienten und Behandlung	48
3.3.1	Geschlecht, Alter und Behandlungsdauer der Patienten	48
3.3.2	Praxen und Angle-Klassen	50
3.3.3	Einfluss auf die transversale Entwicklung	51
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>54</b>
4.1	Probandengut	54
4.1.1	Alter und Geschlechtsverteilung	55
4.1.2	Behandlungsdauer	56
4.2	Datenerhebung und Datenauswertung	57
4.2.1	Modellanfertigung	57
4.3	Modellvermessungen und transversale Distanzen	58
4.3.1	Die transversalen Distanzen in Ober- und Unterkiefer	63
4.4	Schlussfolgerung	64
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>66</b>
<b>6</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>71</b>

## 1 Einleitung

Das Ziel einer kieferorthopädischen Behandlung ist eine okklusale Funktionsharmonie bei stabilem, individuell optimalem ästhetischem Ergebnis.

Bei den heutzutage in der westlichen Zivilisation häufig auftretenden dentalen Engständen eignet sich u. a. die transversale Erweiterung des Zahnbogens zur Platzschaffung; je nach Ausprägung der Enge sind zusätzliche Maßnahmen, z.B. Reduktion des Zahnmaterials, zu ergreifen. Ebenso nutzt man die transversale Erweiterung, um Ober- und Unterkiefer in eine passende Breitenrelation zu bringen, was in erster Linie kaufunktionelle, u.U. aber auch ästhetische Gründe hat. Aus ästhetischer Sicht ist zu berücksichtigen, dass es bei zu geringem Zahnmaterial im Verhältnis zur Kieferkammdimension zu interdentalen Lücken kommt; außerdem darf die Gesichtsform nicht durch übermäßige Zahnbogendehnung an Attraktivität verlieren.

Zur transversalen Erweiterung steht eine Reihe kieferorthopädischer Behandlungsapparaturen mit unterschiedlichen Effekten zur Verfügung; jene lassen sich in abnehmbare und festsitzende Geräte einteilen. Ein bewährtes abnehmbares Gerät ist z.B. die Dehnplatte nach *A.M. Schwarz*; festsitzend sind z.B. die Hyraxschraube (**hygienic rapid palatal expander**) nach *W. Biedermann* oder die Quadhelix-Apparatur nach *E. Herbst*. Der Kieferorthopäde wählt das Behandlungsgerät je nach gewünschtem Effekt, auch aber abhängig von der Compliance des Patienten, ohne die ein abnehmbares Gerät wirkungslos ist.

Expansive Momente lassen sich außerdem durch das Aufbiegen von intra- und extraoralen Verankerungsapparaturen, z.B. Headgear, Lipbumper oder Transpalatal Bar, erzeugen, sowie durch das Aufbiegen von Stahlbögen bei der Multibandbehandlung.

### Bogenform

Da durch die Multibandbehandlung auch komplexe Zahnbewegungen möglich sind, gewann mit deren Einführung die Frage nach der idealen Zahnbogenform zunehmend an Bedeutung.

## Einleitung

So übernahm *Hawley* 1905 einige der von *Bonwill* 1885 festgelegten Prinzipien zur Darstellung eines geometrischen Modells für die Entwicklung einer idealen Zahnbogenform. Laut *Hawley* sollen die sechs Frontzähne auf einem Kreis mit einem Radius gleich der Breitensumme dieser Zähne liegen. In diesen Kreis legt er ein gleichschenkliges Dreieck mit dem Interkondylenabstand als Basis. Prämolaren und Molaren sollen sich auf der Verlängerung der Seitengeraden befinden. Diese Methodik der Bogenformbestimmung war jedoch nicht zur strikten Einhaltung gedacht, sondern sollte lediglich als Leitlinie zur Schaffung einer Bogenform dienen.

Zahlreiche Autoren haben weitere Formen für die Zahnbögen beschrieben. *Black* beschrieb 1902, dass die Oberkieferzähne entlang einer Halbellipse stehen, in ähnlicher Weise auch die des Unterkiefers, nur eben entlang einer kleineren Kurve. Ebenfalls 1902 gab *Broomell* an, dass „die Zähne in den Kiefern in Form von parabolischen Kurven angeordnet sind, wobei der obere Zahnbogen das Segment eines größeren Kreises beschreibt als der untere, weshalb die oberen Zähne gegenüber den unteren leicht überstehen.“

1907 erörterte *Angle* die „Okklusionslinie“, die er definierte als „die Linie, auf der, abhängig vom jeweiligen Typ die Zähne in Form und Position bei normaler Okklusion harmonisch angeordnet sind.“ Der Verlauf dieser Linie soll einer parabolischen Kurve ähneln, jedoch mit starken Schwankungen, je nach Rasse, Typ, Wesen usw. des Einzelnen. Wegen dieser Variablen sah *Angle* den einzigen Nutzen der *Bonwill-Hawley*-Bogenform in einer generellen Näherung an die echte Okklusionslinie. Bei der Beschreibung der für eine korrekte Zahnpositionierung erforderlichen Biegungen erster Ordnung erhob *Angle* insbesondere Einwände gegen die Gerade vom Eckzahn zum dritten Molaren. *Angle* stellte fest, dass eine Gerade zwischen Eckzahn und mesio-bukkalem Höcker des ersten Molaren gezogen werden könne, im Molarenbereich jedoch eine natürliche Rundung erforderlich sei.

In der Anatomie von *Gray* aus dem Jahre 1942 steht bezüglich der menschlichen Bogenform, dass der maxilläre Zahnbogen eine elliptische Kurve bildet, der mandibuläre Zahnbogen bilde eine parabolische Kurve.

## Einleitung

1934 erwähnte *Chuck* die Unterschiede in der Zahnbogenform des Menschen und bemerkte, dass für die Bogenformen Bezeichnungen wie quadratisch, rund oval, spitz zulaufend, usf. gefunden worden waren. Er stellte fest, dass die Bonwill-Hawley-Form zwar nicht für einen jeden Patienten geeignet sei, dennoch aber als Schablone für die Erstellung einer individualisierten Bogenform dienen könne. Chuck überlagerte diese Bogenform mit einem Millimeterraster und benutzte diese Schablone dann für eine Bogenformkonstruktion nach der Methode von Angle. Er behauptete, dass zur Vermeidung einer exzessiven Expansion im Eckzahnbereich die Prämolarenregion breiter auszuformen sei als die der Eckzahnregion.

In ähnlicher Weise schlug *Boone* 1963 vor, die Bonwill-Hawley-Bogenform einer Millimeterschablone zur Konstruktion der individualisierten Edgewise-Bogenform aufzulegen. Damit hat sich im Laufe der Jahre die Bonwill-Hawley-Bogenform für die nach der Edgewise-Technik arbeitenden Kieferorthopäden zu der am häufigsten benutzten Ausgangsschablone entwickelt. Diese ist die „Standard“-Bogenform, wie sie von den meisten Herstellern kieferorthopädischen Bedarfs angeboten wird.



**Abb. 1:** Die Kettenkurve.

1949 stellte *MacConaill* in Zusammenhang mit der Okklusionslinie fest, dass eine Ellipse und eine Parabel nicht in allen Punkten deckungsgleich sein können. Er folgerte deshalb, dass die Ellipsen/Parabel-Beschreibung der beiden Bögen ohne direkte Beziehung zur Okklusion sei. Er behauptete, dass eine bestimmte einfache Kurve, nämlich die Kettenkurve, mit großer Genauigkeit auf eine so große Anzahl von Fällen passe, dass sie als die „ideale Kur-



## Einleitung

ve“ für normale Okklusionen verstanden werden könne. Die Kettenkurve wird dadurch gebildet, dass eine Kette entsprechender Länge zwischen zwei Punkte variablen Abstandes (beispielsweise die am weitesten distal stehenden Molaren im Zahnbogen) gehängt wird.

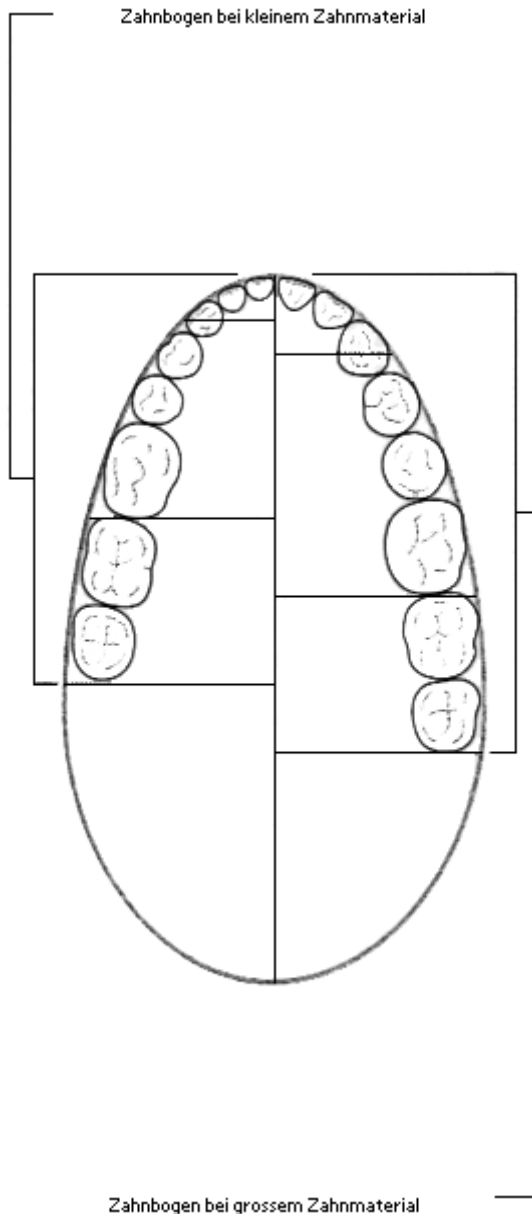
Auch *Scott* übernahm 1957 auf Grundlage der Entwicklungsanatomie der Zahnbögen und der benachbarten anatomischen Strukturen das Konzept der Kettenkurve als Grundform des menschlichen Zahnbogens. Er verwies darauf, dass der Basalknochen von Ober- und Unterkiefer bei allen Säugern eine durchaus konstante Form besitzt und ein Fundament bildet, auf dem mit großer Variationsbreite Alveolarfortsätze aufgebaut werden. Beim Menschen behält das Gebiss die Urform der Kettenlinie bei, weil das Wachstum der Alveolarfortsätze ohne regionale Unterschiede, mehr oder weniger gleichmäßig den gesamten Bogen entlang verläuft.

Darüber hinaus stellten *Burdi* und *Lillie* 1966 fest, dass die Grundform des knöchernen Bogens bereits nach 9,5 Wochen in utero festgelegt ist und dass diese Form einer Kettenkurve entspricht. Tatsächlich ergeben sich aus ihrer Forschung jedoch zahlreiche weitere Bogenformen neben der der Kettenkurve. Auch *Musich* vertrat 1973 das Konzept der Kettenkurve als ideale Bogenform.

Die Kettenkurve schafft eine recht schmal zulaufende Bogenform, und viele der von den Herstellern kieferorthopädischen Bedarfes angebotenen spitzen Bogenformen beruhen auf der Kettenlinie.

Die jüngste größere Veröffentlichung zu dem Versuch, eine „ideale“ Bogenform zu erstellen, stammt aus dem Jahr 1972 und wurde von *Brader* verfasst. Er behauptete, dass die Form des Zahnbogens von Zähnen gebildet werde, die jeweils eine eindeutige Position auf einer zusammengesetzten Kurve einnehmen, die ihrerseits an allen Punkten im Gleichgewicht stehe und begrenzt sei von dem Gegengewicht der Zunge und der den Mund umgebenden Gewebe. Die Geometrie der Zahnbogenkurve könne am besten näherungsweise durch eine geschlossene Kurve mit den Eigenschaften einer Ellipse mit drei Mittelpunkten beschrieben werden, wobei die Zähne ausschließlich den engeren Anteil der Kurve besetzen.

## Einleitung



Brader empfahl fünf verschiedene Bogenformen. Die Auswahl der jeweils passenden wird bestimmt von der Bogenweite in Höhe der zweiten Molaren, gemessen gingival/bukkal. Die Form für die Maxilla wird eine Größe größer als die der Mandibula gewählt. Zwar bietet die Brader'sche Bogenform eine praktische Methode zur Auswahl der Bogendräfte, klinisch ist jedoch festzustellen, dass diese Form bei vielen Patienten eine zu schmale Eckzahnregion und damit inzisale Abrasionen an diesen Zähnen verursacht.

**Abb. 2:** Die Bogenform nach Brader.

Die in der zeitgenössischen Behandlung mit vorprogrammierten Apparaturen gebräuchlichen Bogenformen orientieren sich an den Vorgaben Braders, müssen aber gegebenenfalls individuell modifiziert werden.

Im Gegensatz zu Brader, der die Bogenform als tangente Linie vestibulär an die Zähne anlegte, beschrieb *Andrews* 1976 die Zahnbogenumfangslinie als eine fiktive Linie, die entlang der fazialsten Punkte der Bukkalflächen der Kronen

## Einleitung

derjenigen Zähne gemessen wird, die auf der Kernlinie, einer Linie entlang der Mittelpunkte der Zahnkronen in mesio-distaler Richtung, liegen; die Umfangslinie endet so weit distal wie die Kernlinie.

Je nach dem, wo man die Messpunkte für die Zahnbogenform wählt, differiert die ideale Form, und Fehlstellungen innerhalb der einzelnen Zahnbögen stellen sich unterschiedlich dar. Allerdings haben weiter vestibulär gelegene Punkte einen größeren Praxisbezug zur Multibandbehandlung, da der Behandlungsbogen ebenfalls vestibulär des Zahnbogens verläuft.

Vorgeformte Behandlungsbögen bewirken bei der Multibandbehandlung eine Stabilisierung der Bogenform und setzen sich aus vier Komponenten zusammen:

1) Die frontale Krümmung

Sämtliche Autoren trafen die generelle Feststellung, dass das frontale Segment gekrümmt ist. Das Ausmaß der Krümmung wird im Wesentlichen von der intercaninen Distanz bestimmt.

2) Die intercanine Distanz

Der Abstand zwischen den Eckzähnen gilt als ausschlaggebender Faktor für die Bogenform, da einer Vielzahl von Studien zufolge nach Änderung dieses Abstandes ein ausgeprägtes Rezidiv auftrat (Little ...).

3) Der Intermolarenabstand

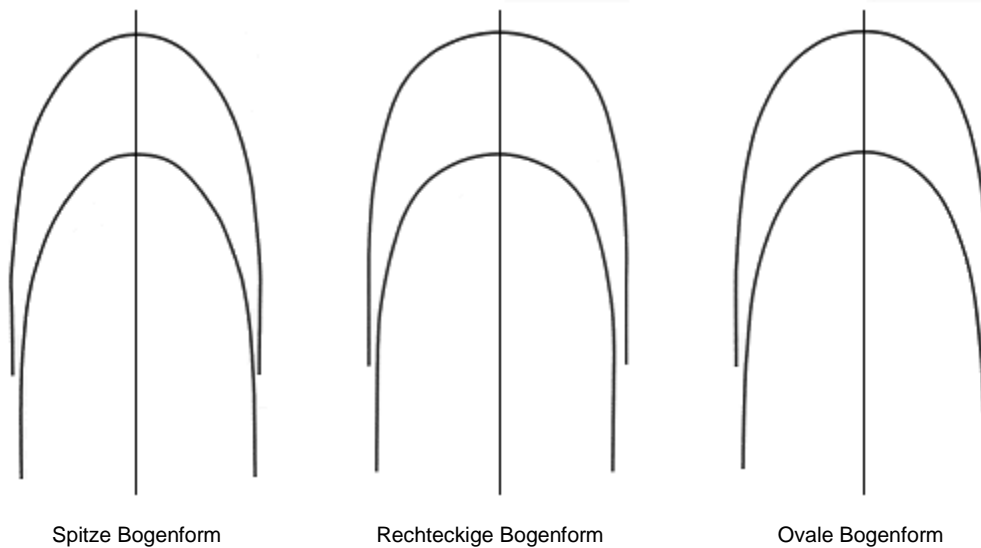
Durch individuelle Veränderung der Weite des Bogendrahtes kann der Intermolarenabstand vergrößert oder reduziert werden. Abänderungen dieses Wertes scheinen sich stabiler zu verhalten als eine geänderte intercanine Distanz, insbesondere dann, wenn diese Modifikation bereits in jungen Jahren und mit mehrjähriger Retention vorgenommen wurde.

4) Die Krümmung von Eckzahn zu zweitem Molaren

Die Beschreibung dieses Segmentes reicht von einer Geraden (Bonwill-Hawley-Bogenform) bis zu einer deutlichen Krümmung (Brader-Bogenform). Der allgemeine Konsens beläuft sich auf eine Krümmung zwischen diesen beiden Formen – eine Form mit langsam abnehmender Krümmung zwischen Eckzahn und zweitem Molaren.

## Einleitung

Die Wahl der Bogenform orientiert sich im Einzelfall an der intercaninen Distanz und an der vorgegebenen Form des Zahnbogens.



**Abb. 3:** Beispiele für Bogenformen unterschiedlichen Typs.

Sieht man von expandierenden Hilfsmitteln ab, so ist es beispielsweise nicht möglich durch einen besonders breiten Behandlungsbogen aus einer extrem schmalen Zahnbogenform eine überaus breite zu erwirken.

### Zielsetzung

In der vorliegenden Arbeit wird der vorprogrammierten Multibandapparatur an sich eine expansive Wirkung unterstellt. Ziel der Arbeit ist herauszufinden, inwiefern die transversale Dimension des Zahnbogens durch diese Behandlungsart beeinflusst wird.

## 2 Material und Methode

### 2.1 Umfang/Einteilung

Zur Untersuchung wurden 99 Patientenfälle aus drei kieferorthopädischen Praxen herangezogen:

Praxis A	à	32
Praxis B	à	31
Praxis C	à	36

Bei den 99 Probanden (58 weiblich, 41 männlich) handelt es sich um Jugendliche, die mit Multibandapparaturen behandelt wurden. Bei einer Behandlungsdauer von 21,25 Monaten  $\pm$  13,25 Monate wurden die Jugendlichen in einem Durchschnittsalter von 12,6y behandelt und in einem durchschnittlichen Alter von 14,3y entbündert.

Aus derselben Praxis stammende Patientenfälle sind jeweils mit demselben Bracket-System und derselben Bogenform behandelt. Folgende Systeme wurden in den Praxen verwendet:

	Brackets	Bogenform
Praxis A	Roth 18 (TP Orthodontics)	Trueform I (G&H Wire Company)
Praxis B	Roth 18 (Pyramid Orthodontics)	Rainbow Arch (Pyramid Orthodontics)
Praxis C	Damon 2 (Ormco sds)	Natural Form (Adenta)

**Tab. 1:** Aufstellung der zu den Praxen gehörenden Bracketsysteme und Bogenformen.

Ziel der Untersuchungen war, den unterschiedlich großen Einfluss der verschiedenen Multibandsysteme auf die transversale Zahnbogendimension herauszufinden. Hierzu wurden Oberkiefer und Unterkiefer der Patienten untersucht.

## 2.2 Befundbogen

Für die Dokumentation der Patientendaten entwarf der Verfasser einen eigenen Befundbogen. Die Befundaufnahme konnte durch diesen speziell geschaffenen Befundbogen wesentlich erleichtert werden.

### Befundbogen

Praxis Dr. \_\_\_\_\_ Ort: \_\_\_\_\_

Pat.-Name: \_\_\_\_\_ Geschl.: \_\_\_ Pat.-Nr.: \_\_\_\_\_

Geb.-Datum: \_\_\_\_\_ Alter direkt vor Bebänderung: \_\_\_\_\_

à Modelle

Alter direkt nach Entbänderung: \_\_\_\_\_

Rasse / Nationalität: \_\_\_\_\_ Angle-Klasse: \_\_\_\_\_

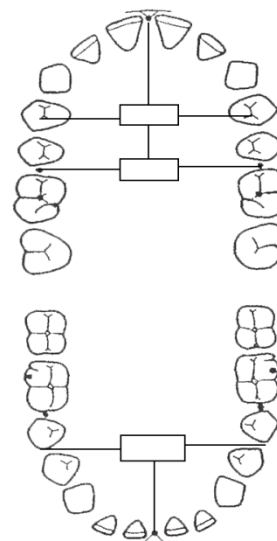
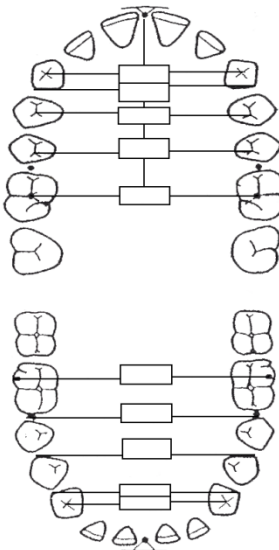
Extraktion: 0 nein 0 ja => Zahn \_\_\_\_\_

Diagnose: \_\_\_\_\_

Therapie: Multiband => Bracket-System: \_\_\_\_\_

=> Bogenform: \_\_\_\_\_

Transpalatinalbar: \_\_\_\_\_ Headgear: \_\_\_\_\_



Zur Erläuterung der transversalen Messpunkte (linke Skizze) siehe unter **2.4**; die sagittalen Messungen (rechte Skizze) wurden bei der Auswertung omittiert.

### 2.3 Auswahl der Patientenfälle

Um den alleinigen Effekt einer Multibandapparatur auf die transversale Zahnbogenbreite untersuchen zu können, ist es notwendig, Gebissmodelle zur Verfügung zu haben, die die Situation im Mund kurz vor der Bebänderung wiedergeben, sowie solche, die die Situation kurz nach der Entbänderung zeigen.

Letztere sind im Regelfall immer vorhanden, da das Ergebnis der Multibandbehandlung sowohl aus medizinischen als auch aus forensischen Gründen dokumentiert sein muss und außerdem Retentionsgeräte auf deren Grundlage hergestellt werden können. Die Dokumentation der Situation direkt vor Bebänderung eines Kiefers ist im Gegensatz dazu keine gängige Maßnahme, die zum kieferorthopädischen Behandlungsablauf gehört. Für die Messung mussten daher solche Modelle ausgewählt werden, die 3 bis 6 Monate vor Bebänderung hergestellt worden waren, sofern in der Zwischenzeit keine anderen kieferorthopädischen Apparaturen zum Einsatz kamen, die aktiv auf die transversale Zahnbogenbreite hätten Einfluss nehmen können.

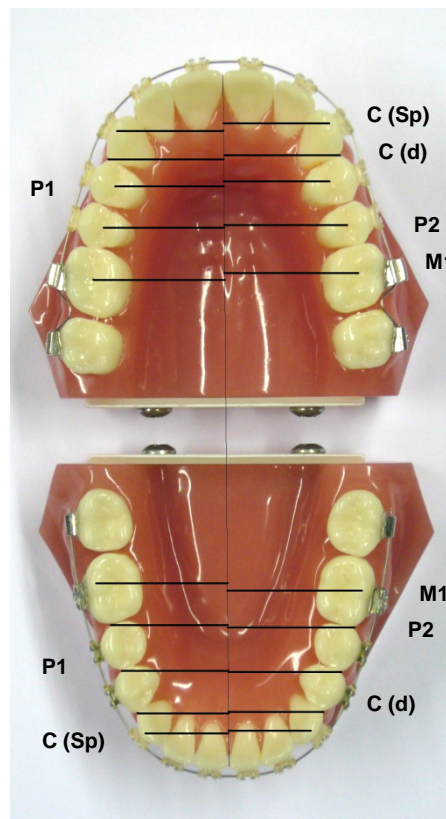
In die Messungen wurden nur solche Patientenfälle aufgenommen, bei denen in beiden Kiefern alle bleibenden Zähne vom 1. Molaren auf der einen Seite bis zum 1. Molaren auf der anderen Seite einfach vorhanden und klinisch sichtbar waren. Damit fielen sämtliche Fälle anlagebedingter Zahnüberzahl und Zahnunterzahl, Fälle mit verlagerten Zähnen und Extraktionsfälle nicht in das untersuchte Patientengut.

Patienten, die zusätzlich während des untersuchten Zeitraums mit Hyrax oder anderen GNE-Apparaturen behandelt worden waren, wurden nicht in die Studie aufgenommen.

## 2.4 Messpunkte/Messstrecken

### Zahnbogenbreite

Die transversale Zahnbogenbreite wurde in linker und rechter Hälfte des Oberkiefers an je 5 Stellen gemessen. Da es sich bei dem Patientengut um vollbezahnte Jugendliche handelt, wurden Messpunkte gewählt, die auf den Zähnen liegen. Es wurde immer die Summe der transversalen Abstände zweier entsprechender Messpunkte (aus linker und rechter Kieferhälfte) von der Median-Ebene\* in die Messtabelle aufgenommen.



**Abb. 4:** Lage der Messpunkte und -strecken an Ober- und Unterkiefermodell.

---

\* „Die Median-Ebene ist eine Symmetrieebene, die den Körper in zwei (theoretisch) spiegelbildlich gleiche Hälften teilt“ (Tillmann, B.: Farbatlas der Anatomie Zahnmedizin – Humanmedizin, 1997 Thieme).

Dies gilt auch für das (theoretisch) achsensymmetrische Gebiss; zur Orientierung kann im Oberkiefer die Raphe-Median-Linie eingezeichnet werden, welche in der Median-Ebene liegt.

(Bezugspunkte: vorne → Mitte des 2. Gaumenfaltenpaares; hinten → Mittenpunkt zwischen den beiden Foveolae am Übergang harter/weicher Gaumen.)



**Oberkiefermesspunkte:**

Caninusspitze (Eckzahnspitze)	C (Sp)
vestibulärer Kontaktpunkt zwischen Eckzahn und 1. Prämolaren	C (d)
tiefster Punkt der Querrissur des 1. Prämolaren	P1
tiefster Punkt der Querrissur des 2. Prämolaren	P2
Schnittpunkt Querrissur mit nach bukkal auslaufender Fissur am 1. Molaren	M1

**Tab. 2a:** Definition der Messpunkte im Oberkiefer mit ihren im weiteren Text verwendeten Abkürzungen (rechte Spalte).

**Unterkiefermesspunkte:**

Caninusspitze (Eckzahnspitze)	C (Sp)
vestibulärer Kontaktpunkt zw. Eckzahn und 1. Prämolaren	C (d)
vestibulärer Kontaktpunkt zw. 1. und 2. Prämolaren	P1
vestibulärer Kontaktpunkt zw. 2. Prämolaren und 1. Molaren	P2
Spitze des mittleren bukkalen Höckers des 1. Molaren	M1

**Tab. 2b:** Definition der Messpunkte im Unterkiefer mit ihren im weiteren Text verwendeten Abkürzungen (rechte Spalte).

**2.5 Bemessung der Multiband-Behandlungsbögen**

Um die transversalen Unterschiede zwischen den Endbogenformen zu überprüfen, wurden die Stahlbögen der in der jeweiligen Praxis verwendeten Endgröße vermessen.

Um die durchschnittliche Breite jeder der verwendeten Bogenformen in Bezug auf einen Zahnbogen festzulegen, wurde das Dental Study Model 500A (Nissin Dental Products Inc., Kyoto Japan) zu Hilfe genommen; dieses hat folgende mesio-distalen Zahnbreiten in Millimetern:

## Material und Methode

<b><u>Oberkiefer:</u></b>	1. Incisivus	à	9,0	<b><u>Unterkiefer:</u></b>	1. Incisivus	à	5,5
	2. Incisivus	à	7,0		2. Incisivus	à	6,0
	Caninus	à	8,5		Caninus	à	7,5
	1. Prämolare	à	7,5		1. Prämolare	à	7,0
	2. Prämolare	à	7,5		2. Prämolare	à	7,5
	1. Molare	à	11,5		1. Molare	à	12,0

Die vom Verfasser festgelegten Messpunkte (siehe Befundbogen) ergaben am Dental Study Model 500A folgende transversalen Breiten:

<b><u>Oberkiefer:</u></b>	C (Sp)	à	36	mm	<b><u>Unterkiefer:</u></b>	C (Sp)	à	27	mm
	C (d)	à	40	mm		C (d)	à	32,5	mm
	P1	à	40	mm		P1	à	41	mm
	P2	à	45	mm		P2	à	46	mm
	M1	à	50	mm		M1	à	51	mm

Da der Metallbogen vestibulär vor dem Zahnbogen liegt, ergibt sich für jeden auf jenen übertragenen Messpunkt eine größere transversale Dimension als beim Ausmessen des Zahnbogens.

Segmentiert man nun den Metallbogen zahnbezogen, indem man die Grenzlinien immer senkrecht zum Metallbogen durch die approximalen Kontaktpunkte benachbarter Zähne führt, ergeben sich folgende mesio-distalen Werte für die den einzelnen Zähnen zugehörigen Segmente:

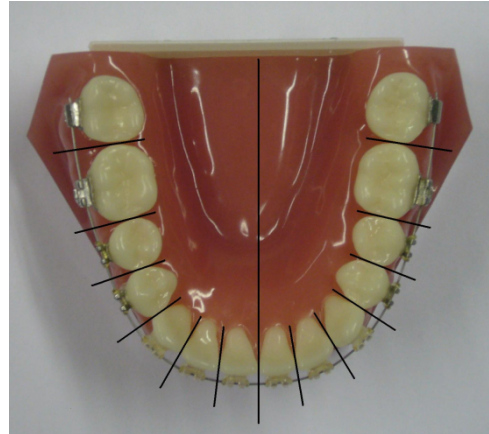
OK:	1. Incisivus	10,0	mm
	2. Incisivus	8,5	mm
	Caninus	9,5	mm
	1. Prämolare	8,0	mm
	2. Prämolare	7,5	mm
	1. Molare	11,0	mm



## Material und Methode

UK:

1.	Incisivus	6,0	mm
2.	Incisivus	7,0	mm
	Caninus	9,0	mm
1.	Prämolar	8,0	mm
2.	Prämolar	8,0	mm
1.	Molar	13,0	mm



Die gerade Verlängerung der transversalen Messstrecken über die Messpunkte hinaus nach vestibulär ergibt auf dem Metallbogen folgende Messpunkte (als Abstände zur Stahlbogenmitte) und folgende Distanz vom jeweiligen originalen Messpunkt im Zahnbogen:

### Oberkiefer:

Messpunkt	Abstand zu Bogenmitte auf dem Metallbogen	bis einschließlich (mesialen Segmentanteils)	Abstand vom orig. Messpunkt
C (Sp)	25,63mm	$\frac{3}{4}$ Caninus	4,0mm
C (d)	30,00mm	$\frac{1}{4}$ Prämolar1	4,0mm
P1	36,00mm	Prämolar1	6,5mm
P2	43,50mm	Prämolar2	7,0mm
M1	51,75mm	$\frac{3}{4}$ Molar1	7,0mm

### Unterkiefer:

Messpunkt	Abstand zu Bogenmitte auf dem Metallbogen	bis einschließlich (mesialen Segmentanteils)	Abstand vom orig. Messpunkt
C (Sp)	22,00mm	Caninus	5,0mm
C (d)	25,50mm	$\frac{7}{16}$ Prämolar1	4,0mm
P1	27,00mm	$\frac{3}{16}$ Prämolar1	4,5mm
P2	29,50mm	$\frac{5}{26}$ Prämolar2	4,0mm
M1	38,00mm	$\frac{17}{26}$ Molar1	4,5mm

**Tab. 3a und 3b:** Auflistung der Abstände der Messpunkte auf dem Metallbogen zur Mitte des Metallbogens in Millimetern und in Segmenten (von der Metallbogenmitte aus gezählt), sowie (in der rechten Spalte) die Distanzen der auf dem Metallbogen gefundenen Messpunkte zu den zugehörigen Messpunkten im Zahnbogen.

Um den Bezug zwischen den Messwerten aus Zahnbogen und Stahlbogen herzustellen, müsste man von der gemessenen Stahlbogenbreite den jeweils doppelten Abstand – da beidseitig – zum originalen Messpunkt subtrahieren.

Hinsichtlich dessen ist zu erwähnen, dass aufgrund eigener Messung jedes in die Untersuchung eingeschlossene Bracket am Dental Study Model 500A ca. 2mm hoch ist.

Um die Streckenlängen auf den Metallbögen möglichst genau bestimmen zu können, wurden diese im Größenverhältnis 1 zu 1 fotokopiert und der abgebildeten Bogenform ein Draht von 0,5mm Durchmesser angelegt, um ihn in gerader Form abzumessen.

Die am Dental Study Model 500A genommenen Werte wurden auf alle Bogenformen übertragen, um diese dann untereinander vergleichen zu können.

### 2.6 Messgeräte und Verfahren

Da die verglichenen Strecken teilweise um weniger als 1mm auseinander lagen, stellte sich der anfangs versuchsweise eingesetzte Messzirkel nach Korkhaus als ungeeignet heraus.

Zu gut verwendbaren Ergebnissen führte eine digitale Schieblehre der Firma Mitutoyo (Messgenauigkeit 0,01 mm).



**Abb. 5:** Digitale Schieblehre.

Ein Problem könnte sich daraus ergeben, dass sich innerhalb der Gebissmodelle die eindimensionalen Messstrecken in ihrer dreidimensionalen Position unterscheiden, zum einen bedingt durch die Zahnhöhe, zum anderen durch die Form des Gaumens. Daher wurde zur Messung immer eine durchsichtige Plexiglasscheibe mit aufgedrucktem Koordinatengitter so auf die Okklusalfächen eines jeden Modells gelegt, dass in der Aufsicht eine Linie des Koordinatengitters in der Median-Sagittal-Ebene lag und von ihr aus der geringste Abstand zum jeweiligen Messpunkt ermittelt werden konnte.

### 2.7 Genauigkeitskontrolle

Die Modelle von 10 willkürlich ausgewählten Fällen aus dem untersuchten Patientengut wurden im Abstand von mindestens 3 Monaten ein zweites Mal vermessen. Der kombinierte Methodenfehler (MF) wurde mit der Formel  $MF = \sqrt{(\sum d^2 / 2n)}$  nach Dahlberg [Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. New York: Interscience Publications, 1940.] berechnet, wobei d die Differenz zwischen zwei Messergebnissen und n die Zahl der Zweifachmessungen ist. Der MF wurde so für die am Modell vorgenommenen Messungen ermittelt und lag in dieser Studie durchschnittlich bei 0,06mm (mit einer Streubreite von -0,09mm bis 0,11mm).

### 2.8 Statistik

Die durchgeführte deskriptive Statistik beinhaltet die Ermittlung von Medianwerten, von Standarddeviationen, von maximalen und minimalen Werten, sowie von 75%-Konfidenzintervallen. Sie wurden für die Messung der Dimensionsveränderungen an den verschiedenen Messpunkten mit Angle-Klassifizierung und Bogenform kalkuliert.

Im Vorfeld wurden folgende statistische Berechnungen durchgeführt: Ein Zusammenhang zwischen Angle-Klasse und Geschlecht konnte für alle drei Praxen ausgeschlossen werden (Exakter Test nach Fisher). Eine Geschlechtsabhängigkeit zur Praxis konnte je Angle-Klasse ebenfalls nicht nachgewiesen werden (Exakter Test nach Fisher,  $p > 0,05$ ). Ein Altersunterschied bei Behandlungsbeginn oder ein Unterschied in der Behandlungsdauer zwischen weiblichen und männlichen Patienten konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden (t-Test für unabhängige Stichproben,  $p > 0,05$ ). Weitere Resultate der statistischen Analyse sind in den Abschnitten **3.2** und **3.3** enthalten.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Vergleich der Behandlungsbögen

Für den Vergleich der Behandlungsbögen wurden die in den Praxen A, B und C verwendeten Ober- und Unterkieferstahlbögen jeweils in ihrer Endbogengröße vermessen.

Die drei verschiedenen Stahlbogenformen sind in Tabelle 4 aufgeführt.

	Praxis	Produkt	Firma	Größe [Inch]
G&H	A	Trueform I	G&H Wire Company	0.016 x 0.022
PYR	B	Rainbow Arch	Pyramid Orthodontics	0.016 x 0.022
ADE	C	Natural Form	Adenta	0.019 x 0.025

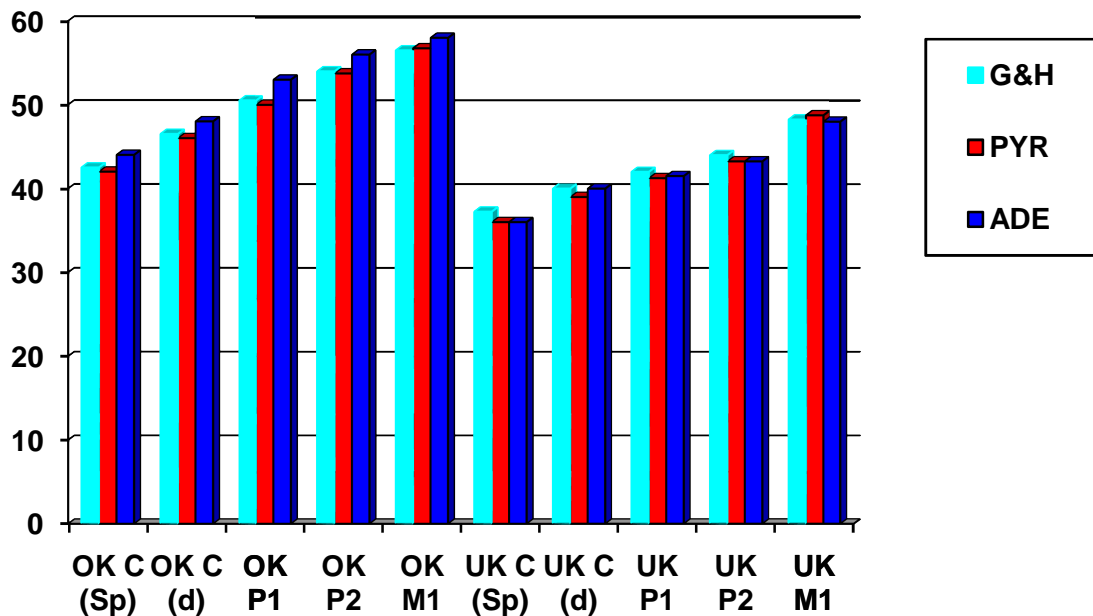
**Tab. 4:** Aufstellung der vermessenen Stahlbögen. Die erste Spalte zeigt die im weiteren Text verwendeten Abkürzungen. Die Größenangabe bezieht sich auf die Seitenlängen des rechteckigen Querschnitts der hier aufgelisteten Vierkantdrähte und ist im angelsächsischen Inch angegeben, wobei 0.016"  $\approx$ 406 $\mu$ m, 0.019"  $\approx$ 483 $\mu$ m, 0.022"  $\approx$ 559 $\mu$ m und 0.025"  $\approx$ 635 $\mu$ m entsprechen.

Wie zuvor beschrieben wurden anhand des Dental Study Model 500A die Messpunkte des Zahnbogens auf den Stahlbogen übertragen (siehe Kapitel 2.5). Da der Metallbogen achsensymmetrisch ist, konnte der Abstand zweier entsprechender Messpunkte ohne Berücksichtigung der Median-Sagittal-Ebene direkt abgenommen werden. Dies führte zu den in Tabelle 5 aufgelisteten Ergebnissen.

## Ergebnisse

	<b>G&amp;H</b>	<b>PYR</b>	<b>ADE</b>
OK C (Sp)	42,5	42	44
OK C (d)	46,5	46	48
OK P1	50,5	50	53
OK P2	54	53,75	56
OK M1	56,5	56,75	58
UK C (Sp)	37,25	36	36
UK C (d)	40	39	40
UK P1	42	41,25	41,5
UK P2	44	43,25	43,25
UK M1	48,25	48,75	48

**Tab. 5:** Ergebnisse der transversalen Dimensionsmessungen der Bogenformen für Ober- und Unterkiefer. Es handelt sich um die auf den Stahlbogen übertragenen Messpunkte. Die Messstrecken sind in Millimetern angegeben.



**Abb. 6:** Graphische Darstellung der transversalen Dimensionsunterschiede der Bogenformen (vgl. Tab. 5).



## Ergebnisse

Im Oberkiefer ist der ADE-Bogen (Praxis C) in allen Punkten der breiteste. Der PYR-Bogen (Praxis B) ist zunächst im Eckzahnbereich der schmalste, gewinnt aber nach distal hin schneller an Breite als der G&H-Bogen (Praxis A), so dass jener diesen schließlich in Gegend des ersten Molaren übertrifft.

Im Unterkiefer entwickelt sich der PYR-Bogen (Praxis B) in ähnlicher Weise vom schmalsten Bogen im Eckzahnbereich zum breitesten im Molarenbereich, wobei er die anderen Bögen erst am Molarenmesspunkt übertrifft. Der G&H-Bogen (Praxis A) hingegen ist vom Eckzahn- bis zum zweiten Prämolaren der breiteste, wobei der Breitenzuwachs nach distal hin geringer ausfällt, als bei den beiden anderen Bögen, so dass er beim ersten Molaren vom PYR-Bogen eingeholt wird. Der Transversalwert des ADE-Bogens (Praxis C) liegt vom Eckzahn bis zum zweiten Prämolaren in etwa zwischen den Vergleichspartnern, endet aber als schmalster Bogen am Molarenmesspunkt.

### **3.2 Veränderung der Zahnbogenbreiten**

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aller transversalen Messungen in Ober- und Unterkiefer nach Messpunkten geordnet dargelegt.

#### Legende der Ergebnistabellen zu den Zahnbogenbreiten

Folgende Erläuterungen gelten für jede der nachfolgenden Tabellen, die Ergebnisse bezüglich eines Messpunktes zeigt:

N bezeichnet die Fallzahl pro Angle-Klasse in einer Praxis. Mittelwert und Standardabweichung sind selbsterklärend. Minimal- bzw. Maximalwert sind mit Min bzw. Max abgekürzt. Die Perzentilen sind bei 25%, 50% und 75% gesetzt; die 50. Perzentile ist der Medianwert. Die Nomenklaturen pre, post und Diff. post-pre bezeichnen den Messwert vor der Behandlung (pre), den Messwert nach der Behandlung (post), sowie die Differenz durch Subtraktion des pre-Wertes vom post-Wert (Diff. post-pre).

## Ergebnisse

### 3.2.1 Veränderung der Zahnbogenbreiten im Oberkiefer

#### 3.2.1.1 Messpunkt Eckzahnspitze (OK C (Sp))

Tabelle 6 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Oberkiefer-Eckzahnspitzen vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	OK C (Sp)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	34,62	2,07	32,92	37,79	33,09	33,61	37,28
		post	7	34,33	1,62	32,22	36,66	33,51	33,74	36,37
		Diff. post-pre	7	-0,29	1,94	-3,55	2,76	-0,98	-0,62	0,63
	II	pre	20	33,96	1,70	29,96	36,26	32,74	34,10	35,10
		post	20	34,98	1,52	31,86	38,05	33,89	35,14	36,21
		Diff. post-pre	20	1,02	1,20	-0,94	3,23	0,00	1,05	2,14
	III	pre	5	32,89	1,90	31,28	35,78	31,39	32,07	34,80
		post	5	35,46	1,30	34,24	37,05	34,30	35,04	36,83
		Diff. post-pre	5	2,57	1,68	0,43	4,54	0,85	3,07	4,04
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	33,34	2,17	28,87	38,80	31,74	33,03	34,75
		post	26	33,68	1,54	30,20	37,15	32,60	33,42	34,68
		Diff. post-pre	26	0,34	1,92	-3,50	5,75	-0,90	0,32	1,34
	III	pre	5	32,20	2,62	28,73	36,08	30,19	32,19	34,22
		post	5	34,40	1,81	32,48	37,38	33,14	34,12	35,81
		Diff. post-pre	5	2,20	3,89	-1,85	8,65	-0,51	1,60	5,21
C	I	pre	13	34,70	1,59	32,45	37,34	33,42	34,67	35,80
		post	13	35,74	2,13	32,99	40,11	33,24	36,03	37,17
		Diff. post-pre	13	1,04	1,32	-0,48	3,85	0,06	0,72	2,01
	II	pre	13	34,11	1,70	31,10	36,98	32,89	34,64	35,00
		post	13	35,40	1,79	32,18	38,00	33,73	35,96	36,44
		Diff. post-pre	13	1,29	1,22	-1,00	2,96	0,30	1,69	2,22
	III	pre	10	35,58	2,48	30,97	39,04	33,61	36,33	37,14
		post	10	36,64	2,45	32,47	39,38	34,12	37,53	38,82
		Diff. post-pre	10	1,06	2,03	-3,40	3,71	0,06	1,42	2,59

**Tab. 6:** Verteilung der OK C(Sp)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

## Ergebnisse

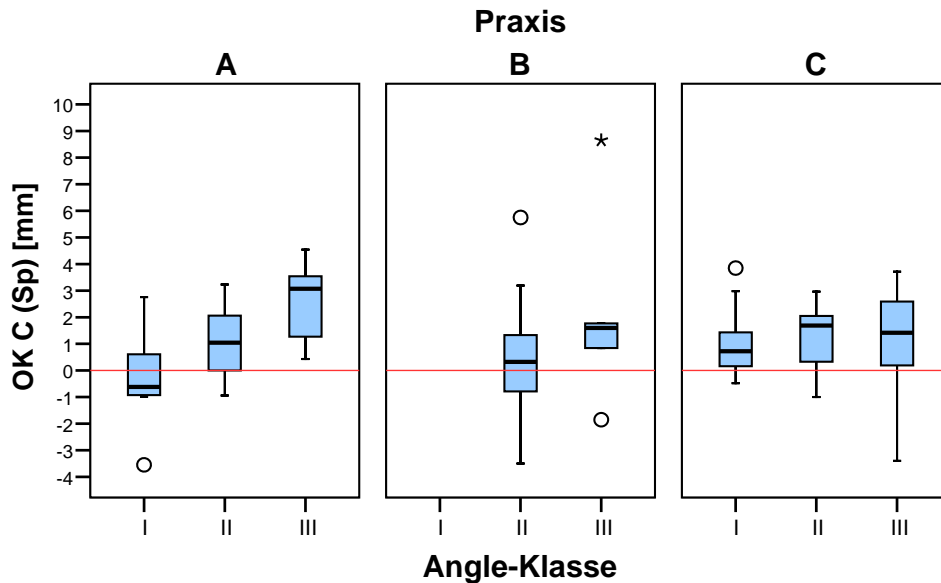
Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Angle-Klassen beobachtet ( $p = 0,021$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der OK C (Sp)-Strecke uneinheitlich zwischen den Klassen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch nur zwischen den drei Praxen nachgewiesen werden (Zwischensubjekteffekt,  $p = 0,001$ ), ein Einfluss der Angle-Klasse war nicht zu erkennen (Zwischensubjekteffekt,  $p > 0,05$ ). Post-Hoc-Paarvergleiche nach Scheffé ergaben, dass sich die Praxen B und C signifikant unterscheiden ( $p < 0,001$ ), zu A konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 1,14mm die größte mittlere Zunahme der C (Sp)-Strecke im Oberkiefer, Praxis B mit 0,64mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere C (Sp)-Differenz von 0,97 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der OK C (Sp)-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 7 dargestellt.

Praxis	OK C (Sp)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	33,94	1,83	29,96	37,79	32,72	33,83	35,10
	post	32	34,91	1,51	31,86	38,05	33,77	34,87	36,35
	Diff. post-pre	32	0,97	1,66	-3,55	4,54	-0,12	0,89	2,26
B	pre	31	33,16	2,24	28,73	38,80	31,64	32,83	34,72
	post	31	33,79	1,57	30,20	37,38	32,64	33,53	34,66
	Diff. post-pre	31	0,64	2,36	-3,50	8,65	-0,79	0,68	1,48
C	pre	36	34,73	1,95	30,97	39,04	33,40	34,75	36,16
	post	36	35,87	2,11	32,18	40,11	33,75	36,15	37,50
	Diff. post-pre	36	1,14	1,48	-3,40	3,85	0,20	1,00	2,35

**Tab. 7:** Verteilung der OK C (Sp)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

## Ergebnisse

Abbildung 7 zeigt die Breitenveränderung bei OK C (Sp) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



**Abb. 7:** OK C (Sp)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

### 3.2.1.2 Messpunkt Eckzahn distal (OK C (d))

Tabelle 8 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den distalen Kontaktpunkten der Oberkiefer-Eckzähne vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	OK C (d)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	37,29	1,31	35,72	39,53	36,33	36,88	38,21
		post	7	38,82	1,16	37,73	40,64	38,11	38,31	40,32
		Diff. post-pre	7	1,53	1,22	0,10	3,80	0,39	1,49	2,01
II	II	pre	20	37,49	1,58	34,68	40,71	36,61	37,31	38,68
		post	20	39,62	1,07	38,11	42,41	38,78	39,64	40,23
		Diff. post-pre	20	2,13	1,39	-0,26	4,68	1,24	1,94	3,17
III	III	pre	5	37,02	1,83	35,44	39,91	35,61	36,29	38,80
		post	5	39,86	1,64	38,11	41,92	38,23	39,98	41,43
		Diff. post-pre	5	2,84	0,65	2,01	3,69	2,30	2,67	3,48

## Ergebnisse

B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	36,93	1,99	33,32	42,81	35,90	36,79	38,12
		post	26	38,32	1,37	36,00	41,19	37,32	38,14	39,15
		Diff. post-pre	26	1,39	1,32	-1,62	3,74	,63	1,25	2,43
	III	pre	5	36,50	2,19	34,55	40,05	34,75	36,01	38,49
		post	5	38,28	1,21	36,95	39,93	37,19	38,05	39,49
		Diff. post-pre	5	1,78	2,41	-1,00	4,97	-0,25	0,94	4,24
C	I	pre	13	38,16	1,66	35,85	41,00	36,61	38,42	39,36
		post	13	40,29	1,89	37,48	44,17	38,44	40,62	41,54
		Diff. post-pre	13	2,14	0,81	0,82	3,45	1,51	1,92	2,93
	II	pre	13	36,61	2,24	32,23	40,84	35,33	36,82	37,70
		post	13	39,78	1,82	36,40	42,04	38,50	40,10	41,14
		Diff. post-pre	13	3,18	1,66	-0,13	5,60	2,31	3,90	4,10
	III	pre	10	38,44	2,66	34,72	43,03	36,01	38,84	40,32
		post	10	41,04	1,92	37,62	43,58	39,28	41,50	42,51
		Diff. post-pre	10	2,60	1,73	0,55	5,92	1,07	2,41	3,51

**Tab. 8:** Verteilung der OK C(d)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,013$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der OK C (d)-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch nur zwischen den drei Praxen nachgewiesen werden (Zwischensubjekteffekt,  $p = 0,008$ ), ein Einfluss der Angle-Klasse war nicht zu erkennen (Zwischensubjekteffekt,  $p > 0,05$ ). Post-Hoc-Paarvergleiche nach Scheffé ergaben, dass sich die Praxen B und C signifikant unterscheiden ( $p < 0,002$ ), zu A konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 2,64mm die größte mittlere Zunahme der C (d)-Strecke im Oberkiefer, Praxis B mit 1,46mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere C (d)-Differenz von 2,11 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der

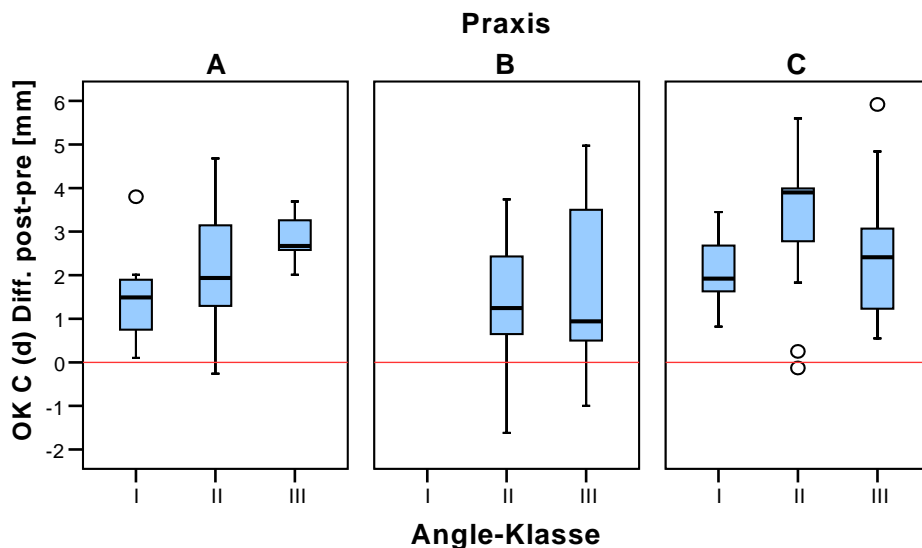
## Ergebnisse

Verteilung der OK C (d)-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 9 dargestellt.

Praxis	OK C (d)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	37,37	1,52	34,68	40,71	36,30	37,25	38,20
	post	32	39,48	1,20	37,73	42,41	38,32	39,50	40,32
	Diff. post-pre	32	2,11	1,30	-0,26	4,68	1,24	2,00	3,17
B	pre	31	36,86	1,99	33,32	42,81	35,44	36,63	38,11
	post	31	38,31	1,33	36,00	41,19	37,42	38,06	39,07
	Diff. post-pre	31	1,46	1,50	-1,62	4,97	0,56	1,09	2,43
C	pre	36	37,68	2,27	32,23	43,03	36,16	37,42	39,42
	post	36	40,32	1,89	36,40	44,17	39,06	40,67	41,86
	Diff. post-pre	36	2,64	1,46	-0,13	5,92	1,67	2,57	3,79

**Tab. 9:** Verteilung der OK C (d)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 8 zeigt die Breitenveränderung bei OK C (d) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



**Abb. 8:** OK C (d)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

### 3.2.1.3 Messpunkt 1. Prämolar (OK P1)

Tabelle 10 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Messpunkten der ersten Oberkiefer-Prämolaren vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	OK P1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	36,25	2,08	32,21	38,78	35,41	36,66	37,36
		post	7	38,65	1,58	36,92	41,89	37,56	38,44	38,99
		Diff. post-pre	7	2,39	1,54	0,20	4,71	1,17	2,41	3,58
	II	pre	20	36,07	1,96	32,14	39,03	34,97	36,40	37,58
		post	20	38,83	1,06	36,99	41,27	38,06	38,84	39,57
		Diff. post-pre	20	2,76	1,58	-0,45	5,95	1,89	2,79	3,65
	III	pre	5	35,31	1,88	32,64	37,82	33,70	35,43	36,87
		post	5	39,50	1,43	37,47	40,91	38,14	39,57	40,83
		Diff. post-pre	5	4,19	0,72	3,09	4,83	3,58	4,14	4,83
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	36,58	2,38	31,59	41,75	34,60	37,04	38,06
		post	26	38,23	1,73	35,48	41,27	36,83	38,10	39,54
		Diff. post-pre	26	1,65	1,46	-0,66	4,99	0,77	1,41	2,43
	III	pre	5	35,37	2,25	33,65	39,18	33,83	34,48	37,36
		post	5	37,68	1,47	36,12	39,88	36,34	37,84	38,93
		Diff. post-pre	5	2,31	2,32	-1,34	4,34	0,37	2,12	4,34
C	I	pre	13	36,43	2,01	33,24	40,34	34,94	36,33	37,39
		post	13	39,65	1,84	37,65	43,95	37,96	39,16	40,81
		Diff. post-pre	13	3,22	1,35	1,29	5,92	1,98	3,61	3,98
	II	pre	13	35,02	2,53	30,87	41,25	33,66	34,25	36,46
		post	13	39,06	1,57	36,82	41,71	37,49	39,39	40,56
		Diff. post-pre	13	4,04	2,24	-0,54	6,54	2,94	4,48	5,87
	III	pre	10	37,39	2,19	34,89	41,32	35,03	37,41	39,39
		post	10	40,42	1,30	38,49	43,20	39,62	40,06	41,15
		Diff. post-pre	10	3,02	1,71	0,42	6,16	1,93	2,59	4,56

**Tab. 10:** Verteilung der OK P1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

## Ergebnisse

Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,006$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der OK P1-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch weder zwischen den Praxen noch zwischen den Angle-Klassen nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 3,46mm die größte mittlere Zunahme der P1-Strecke im Oberkiefer, Praxis B mit 1,76mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere P1-Differenz von 2,90 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der OK P1-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 11 dargestellt.

Praxis	OK P1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	35,99	1,94	32,14	39,03	34,97	36,15	37,38
	post	32	38,90	1,23	36,92	41,89	38,06	38,81	39,59
	Diff. post-pre	32	2,90	1,55	-0,45	5,95	1,89	3,10	4,01
B	pre	31	36,38	2,36	31,59	41,75	34,25	36,58	38,06
	post	31	38,14	1,68	35,48	41,27	36,72	37,89	39,48
	Diff. post-pre	31	1,76	1,60	-1,34	4,99	0,89	1,81	2,46
C	pre	36	36,19	2,40	30,87	41,32	34,26	36,20	37,52
	post	36	39,65	1,65	36,82	43,95	38,17	39,60	40,83
	Diff. post-pre	36	3,46	1,82	-0,54	6,54	2,01	3,58	4,74

**Tab. 11:** Verteilung der OK P1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 9 zeigt die Breitenveränderung bei OK P1 in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



## Ergebnisse

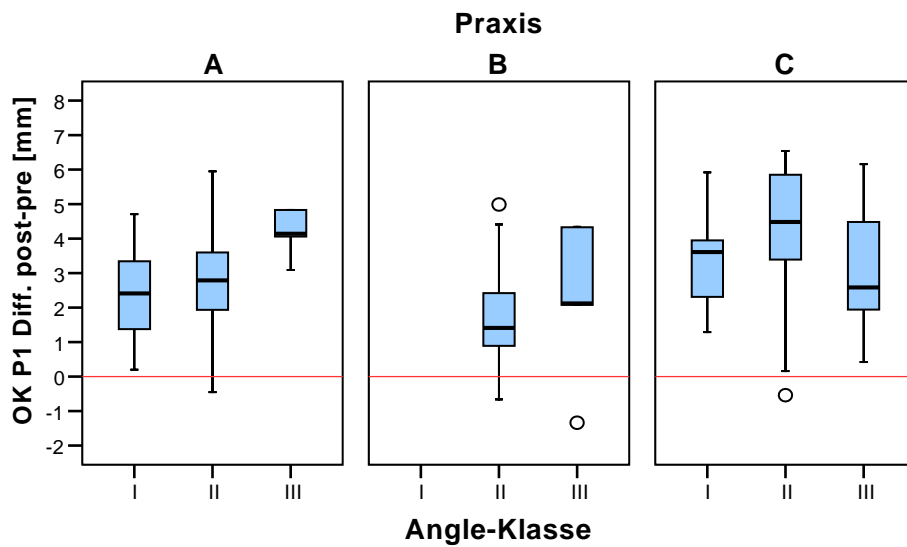


Abb. 9: OK P1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

### 3.2.1.4 Messpunkt 2. Prämolare (OK P2)

Tabelle 12 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Messpunkten der zweiten Oberkiefer-Prämolaren vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	OK P2	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	40,83	2,77	35,72	45,00	40,31	40,71	42,33
		post	7	43,17	1,79	40,98	46,68	42,38	42,72	44,06
		Diff. post-pre	7	2,35	1,57	0,05	5,26	1,68	2,08	3,04
	II	pre	20	40,87	2,05	36,95	44,00	39,38	41,08	42,65
		post	20	43,34	1,19	41,04	45,78	42,42	43,22	44,14
		Diff. post-pre	20	2,47	1,60	-0,20	6,04	0,93	2,61	3,54
III	pre	5	40,47	2,99	36,01	44,24	37,94	40,63	42,93	
	post	5	44,40	2,44	41,10	46,88	42,23	43,93	46,80	
	Diff. post-pre	5	3,93	1,21	2,48	5,27	2,89	3,50	5,18	

## Ergebnisse

B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	41,84	2,69	37,31	46,78	39,65	41,60	44,32
		post	26	42,88	1,85	40,37	46,59	41,44	42,51	44,56
		Diff. post-pre	26	1,04	1,80	-2,94	4,66	0,00	1,13	2,13
	III	pre	5	40,69	1,56	39,11	42,44	39,15	40,65	42,25
		post	5	42,07	1,67	40,09	43,84	40,63	41,44	43,82
		Diff. post-pre	5	1,38	1,53	-0,89	3,19	0,05	1,35	2,72
C	I	pre	13	41,88	1,75	39,24	44,91	40,25	42,01	43,19
		post	13	44,26	1,86	41,55	48,01	42,62	43,88	45,75
		Diff. post-pre	13	2,38	1,19	0,82	4,80	1,35	2,68	3,09
	II	pre	13	40,63	2,45	37,14	45,06	38,42	40,37	42,83
		post	13	43,30	1,79	40,60	45,78	41,49	43,12	44,82
		Diff. post-pre	13	2,67	1,94	-0,33	6,23	0,89	3,31	4,25
	III	pre	10	42,71	1,58	40,05	44,69	41,54	42,78	44,40
		post	10	45,45	1,42	43,60	48,73	44,63	45,11	46,13
		Diff. post-pre	10	2,75	1,73	0,53	5,74	1,41	2,49	4,23

**Tab. 12:** Verteilung der OK P2-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

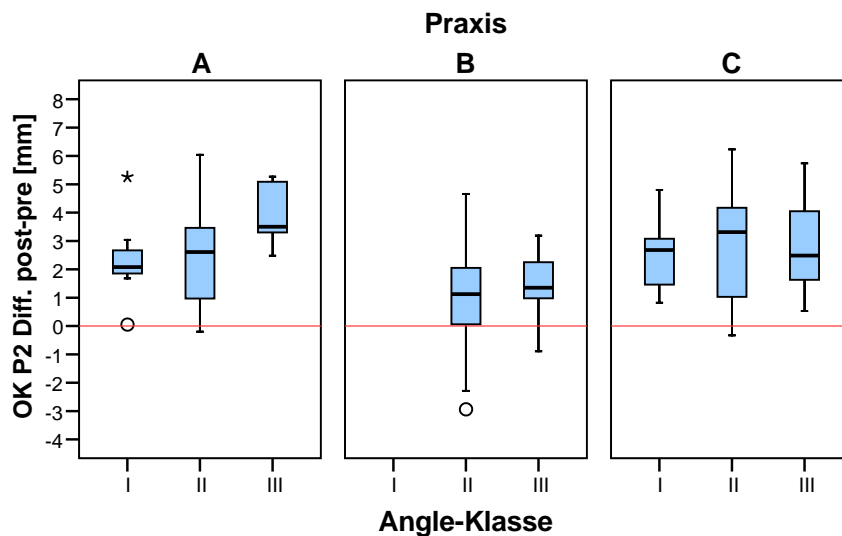
Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,002$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der OK P2-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch weder zwischen den Praxen noch zwischen den Angle-Klassen nachgewiesen werden. Praxis A erzielte mit 2,67mm die größte mittlere Zunahme der P2-Strecke im Oberkiefer, Praxis B mit 1,09mm die niedrigste. In Praxis C wurde eine mittlere P2-Differenz von 2,59 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der OK P2-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 13 dargestellt.

## Ergebnisse

Praxis	OK P2	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	40,80	2,29	35,72	45,00	39,86	40,70	42,40
	post	32	43,47	1,55	40,98	46,88	42,44	43,22	44,17
	Diff. post-pre	32	2,67	1,59	-0,20	6,04	1,45	2,61	3,58
B	pre	31	41,65	2,56	37,31	46,78	39,63	41,52	43,90
	post	31	42,75	1,82	40,09	46,59	41,22	42,43	43,84
	Diff. post-pre	31	1,09	1,74	-2,94	4,66	0,06	1,19	2,25
C	pre	36	41,66	2,12	37,14	45,06	40,06	41,89	43,20
	post	36	44,25	1,88	40,60	48,73	42,85	44,61	45,58
	Diff. post-pre	36	2,59	1,60	-0,33	6,23	1,29	2,78	3,60

**Tab. 13:** Verteilung der OK P2-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 10 zeigt die Breitenveränderung bei OK P2 in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



**Abb. 10:** OK P2-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

### 3.2.1.5 Messpunkt 1. Molar (OK M1)

Tabelle 14 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Messpunkten der ersten Oberkiefer-Molaren vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	OK M1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	46,50	3,45	41,62	52,74	43,77	46,45	47,37
		post	7	46,54	2,86	42,68	51,97	45,34	45,95	48,03
		Diff. post-pre	7	0,05	1,32	-1,93	2,06	-0,77	-0,26	1,06
	II	pre	20	46,16	2,69	40,22	50,38	44,68	46,61	47,94
		post	20	46,31	1,64	43,14	49,37	45,31	45,71	47,62
		Diff. post-pre	20	0,15	1,66	-3,03	4,04	-1,17	0,24	1,09
	III	pre	5	46,28	3,79	39,88	49,22	43,21	46,68	49,14
		post	5	46,70	2,48	43,43	49,40	44,61	45,90	49,19
		Diff. post-pre	5	0,43	1,80	-0,88	3,55	-0,76	-0,08	1,87
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	46,75	2,54	41,80	51,41	44,36	46,65	48,89
		post	26	46,46	2,04	43,86	51,34	44,81	45,99	47,64
		Diff. post-pre	26	-0,29	1,60	-2,67	3,00	-1,72	-0,43	0,92
	III	pre	5	45,66	2,28	43,11	47,83	43,20	46,84	47,54
		post	5	45,63	1,88	43,40	47,92	43,93	45,17	47,55
		Diff. post-pre	5	-,04	2,01	-3,37	1,88	-1,72	0,29	1,48
C	I	pre	13	47,13	2,11	43,70	51,24	45,72	46,85	48,63
		post	13	48,50	2,00	46,08	52,28	46,76	48,60	49,74
		Diff. post-pre	13	1,37	1,35	-0,45	3,62	-0,03	1,40	2,52
	II	pre	13	46,47	2,70	42,23	50,27	44,12	45,58	48,65
		post	13	47,81	2,31	44,21	51,74	45,74	47,34	50,02
		Diff. post-pre	13	1,33	2,19	-1,32	6,60	-0,58	1,39	2,77
	III	pre	10	47,84	1,11	46,07	49,24	46,90	48,18	48,72
		post	10	49,06	1,68	46,68	52,94	48,03	48,94	49,68
		Diff. post-pre	10	1,22	1,49	-0,52	4,27	0,15	0,96	1,93

**Tab. 14:** Verteilung der OK M1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

## Ergebnisse

Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,021$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,007$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der OK M1-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch nur zwischen den drei Praxen nachgewiesen werden (Zwischensubjekteffekt,  $p = 0,016$ ), ein Einfluss der Angle-Klasse war nicht zu erkennen (Zwischensubjekteffekt,  $p > 0,05$ ). Post-Hoc-Paarvergleiche nach Scheffé ergaben, dass sich die Praxen A und C signifikant unterscheiden ( $p < 0,031$ ), zu B konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 1,31mm die größte mittlere Zunahme der M1-Strecke im Oberkiefer, Praxis B mit -0,25mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere M1-Differenz von 0,17 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der OK M1-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 15 dargestellt.

Praxis	OK M1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	46,25	2,94	39,88	52,74	44,68	46,61	47,94
	post	32	46,42	2,01	42,68	51,97	45,35	45,86	47,96
	Diff. post-pre	32	0,17	1,57	-3,03	4,04	-0,87	0,14	1,01
B	pre	31	46,57	2,50	41,80	51,41	44,32	46,68	48,00
	post	31	46,32	2,01	43,40	51,34	44,59	45,88	47,59
	Diff. post-pre	31	-0,25	1,64	-3,37	3,00	-1,67	-0,16	1,08
C	pre	36	47,09	2,15	42,23	51,24	45,50	47,22	48,69
	post	36	48,41	2,05	44,21	52,94	47,07	48,58	49,71
	Diff. post-pre	36	1,31	1,69	-1,32	6,60	-0,12	1,22	2,54

**Tab. 15:** Verteilung der OK M1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 11 zeigt die Breitenveränderung bei OK M1 in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

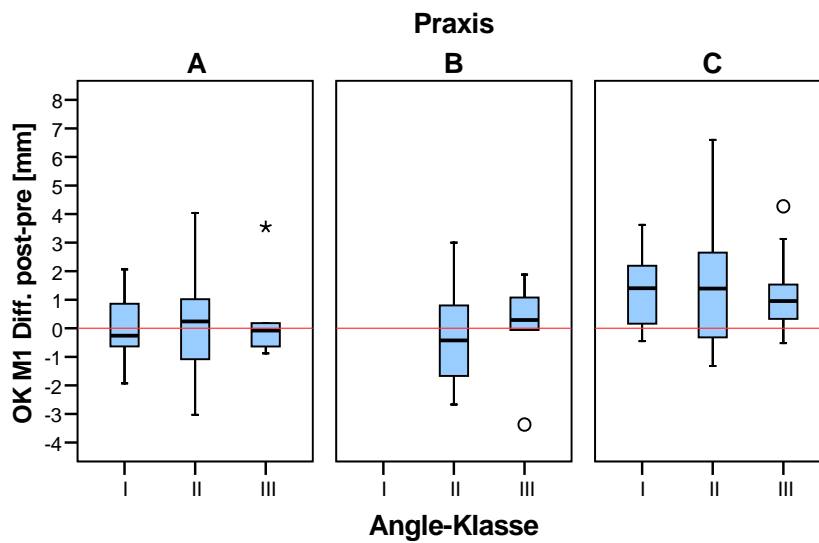


Abb. 11: OK M1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

### 3.2.2 Veränderung der Zahnbogenbreiten im Unterkiefer

#### 3.2.2.1 Messpunkt Eckzahnspitze (UK C (Sp))

Tabelle 16 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Unterkiefer-Eckzahnspitzen vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	UK C (Sp)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	25,52	2,31	22,39	28,63	23,26	25,70	28,04
		post	7	26,04	1,00	25,14	28,12	25,23	25,84	26,17
		Diff. post-pre	7	0,52	2,43	-2,54	3,27	-2,20	0,53	2,91
	II	pre	20	26,87	1,48	23,71	29,16	26,17	26,84	27,93
		post	20	27,09	1,31	24,85	30,27	25,84	27,09	27,91
		Diff. post-pre	20	0,22	1,58	-2,34	2,71	-1,30	0,38	1,37
	III	pre	5	26,59	2,76	22,26	29,33	24,26	26,47	28,97
		post	5	27,43	1,12	26,07	28,72	26,48	27,01	28,59
		Diff. post-pre	5	0,84	2,18	-0,88	4,62	-0,54	0,11	2,58
B	I	pre								
		post								

## Ergebnisse

		Diff. post-pre								
C	II	pre	26	26,21	1,69	22,78	32,13	25,40	25,90	27,23
		post	26	25,69	1,13	23,31	28,03	24,95	25,49	26,81
		Diff. post-pre	26	-0,52	1,47	-5,19	2,71	-1,30	-0,37	0,35
	III	pre	5	27,27	1,59	25,80	29,41	25,94	26,59	28,95
		post	5	26,81	1,19	25,49	28,13	25,56	27,28	27,84
		Diff. post-pre	5	-0,46	1,02	-1,28	1,20	-1,19	-0,95	0,52
	I	pre	13	26,05	1,83	21,99	29,10	25,36	26,19	26,94
			13	26,87	1,65	24,46	29,76	25,54	27,05	28,24
			13	0,82	1,33	-0,60	3,20	-0,13	0,37	2,14
II		pre	13	26,13	1,36	23,93	28,21	25,05	25,90	27,46
		post	13	26,38	1,34	23,24	28,46	25,63	26,46	27,31
		Diff. post-pre	13	,25	0,94	-1,28	1,79	-0,50	0,23	1,07
III		pre	10	26,80	2,19	23,97	30,74	25,18	26,28	28,89
		post	10	27,55	1,45	25,51	29,62	26,06	27,65	28,87
		Diff. post-pre	10	,75	1,47	-1,12	3,14	-0,42	0,19	2,11

**Tab. 16:** Verteilung der UK C (Sp)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

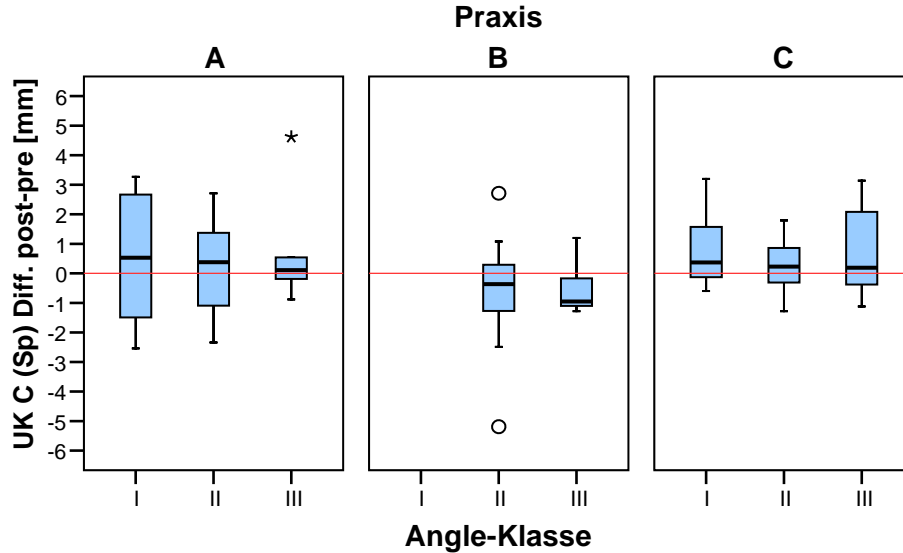
Es war kein Behandlungseffekt bezüglich des Messpunktes UK C (Sp) nachweisbar, ebenso wenig konnte ein Unterschied für Angle-Klassen oder Praxen festgestellt werden (Varianzanalyse für Messwiederholungen). Praxis C erzielte mit 0,59mm die größte mittlere Zunahme der C (Sp)-Strecke im Unterkiefer, Praxis B mit -0,51mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere C (Sp)-Differenz von 0,38 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der UK C (Sp)-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 17 dargestellt.

## Ergebnisse

Praxis	UK C (Sp)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	26,53	1,91	22,26	29,33	25,43	26,62	28,02
	post	32	26,91	1,28	24,85	30,27	25,82	26,77	27,91
	Diff. post-pre	32	0,38	1,82	-2,54	4,62	-0,86	0,38	1,57
B	pre	31	26,38	1,69	22,78	32,13	25,57	26,04	27,43
	post	31	25,87	1,20	23,31	28,13	25,06	25,51	26,98
	Diff. post-pre	31	-0,51	1,40	-5,19	2,71	-1,27	-0,40	0,29
C	pre	36	26,29	1,77	21,99	30,74	25,30	26,13	27,35
	post	36	26,88	1,52	23,24	29,76	25,87	26,93	28,27
	Diff. post-pre	36	0,59	1,24	-1,28	3,20	-,31	0,23	1,56

**Tab. 17:** Verteilung der UK C (Sp)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 12 zeigt die Breitenveränderung bei UK C (Sp) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



**Abb. 12:** UK C (Sp)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



## Ergebnisse

### 3.2.2.2 Messpunkt Eckzahn distal (UK C (d))

Tabelle 18 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den distalen Kontaktpunkten der Unterkiefer-Eckzähne vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	UK C (d)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	30,45	2,22	27,11	33,24	28,57	30,40	32,88
		post	7	31,95	,70	31,19	33,06	31,31	31,68	32,49
		Diff. post-pre	7	1,50	1,73	-0,49	4,08	-0,18	1,62	3,11
	II	pre	20	31,24	1,20	28,72	33,52	30,39	31,36	32,00
		post	20	32,73	1,01	31,16	35,25	31,92	32,72	33,29
		Diff. post-pre	20	1,49	1,02	-0,20	3,32	0,62	1,76	2,26
	III	pre	5	31,16	2,06	28,79	33,85	29,22	31,04	33,17
		post	5	33,24	1,26	32,20	34,88	32,23	32,57	34,59
		Diff. post-pre	5	2,08	1,12	1,03	3,78	1,13	1,81	3,17
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	30,97	1,61	28,11	36,54	30,00	31,08	31,55
		post	26	31,19	1,00	29,29	33,26	30,49	31,19	31,83
		Diff. post-pre	26	0,22	1,16	-3,45	2,18	-0,37	0,33	0,97
	III	pre	5	31,00	1,65	29,91	33,84	29,92	30,29	32,45
		post	5	31,62	1,19	30,47	33,25	30,48	31,70	32,74
		Diff. post-pre	5	0,62	0,77	-0,59	1,41	-0,02	0,57	1,29
C	I	pre	13	30,79	1,75	27,77	33,10	29,29	30,79	32,53
		post	13	32,94	1,68	31,01	35,95	31,35	33,23	34,50
		Diff. post-pre	13	2,15	1,12	0,22	3,79	1,36	1,91	3,14
	II	pre	13	30,54	1,16	28,78	32,55	29,50	30,66	31,51
		post	13	32,13	1,10	29,41	33,23	31,38	32,50	32,94
		Diff. post-pre	13	1,59	0,88	0,50	2,91	0,75	1,36	2,58
	III	pre	10	31,90	1,83	29,28	35,68	30,64	31,60	33,06
		post	10	33,60	1,22	31,81	35,10	32,39	33,82	34,61
		Diff. post-pre	10	1,71	1,50	-0,66	3,65	0,54	1,29	3,37

**Tab. 18:** Verteilung der UK C (d)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

## Ergebnisse

Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,001$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der UK C (d)-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch weder zwischen den Angle-Klassen noch zwischen den Praxen nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 1,82mm die größte mittlere Zunahme der C (d)-Strecke im Unterkiefer, Praxis B mit 0,28mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere C (d)-Differenz von 1,58 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der UK C (d)-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 19 dargestellt.

Praxis	UK C (d)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	31,05	1,58	27,11	33,85	29,86	31,17	32,11
	post	32	32,64	1,05	31,16	35,25	31,74	32,53	33,18
	Diff. post-pre	32	1,58	1,19	-0,49	4,08	0,62	1,74	2,35
B	pre	31	30,97	1,59	28,11	36,54	29,92	31,03	31,51
	post	31	31,26	1,02	29,29	33,26	30,48	31,23	31,91
	Diff. post-pre	31	0,28	1,11	-3,45	2,18	-0,36	0,55	1,00
C	pre	36	31,01	1,64	27,77	35,68	29,82	30,81	32,06
	post	36	32,83	1,46	29,41	35,95	31,61	32,67	34,03
	Diff. post-pre	36	1,82	1,16	-0,66	3,79	0,85	1,59	2,83

**Tab. 19:** Verteilung der UK C (d)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 13 zeigt die Breitenveränderung bei UK C (d) in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

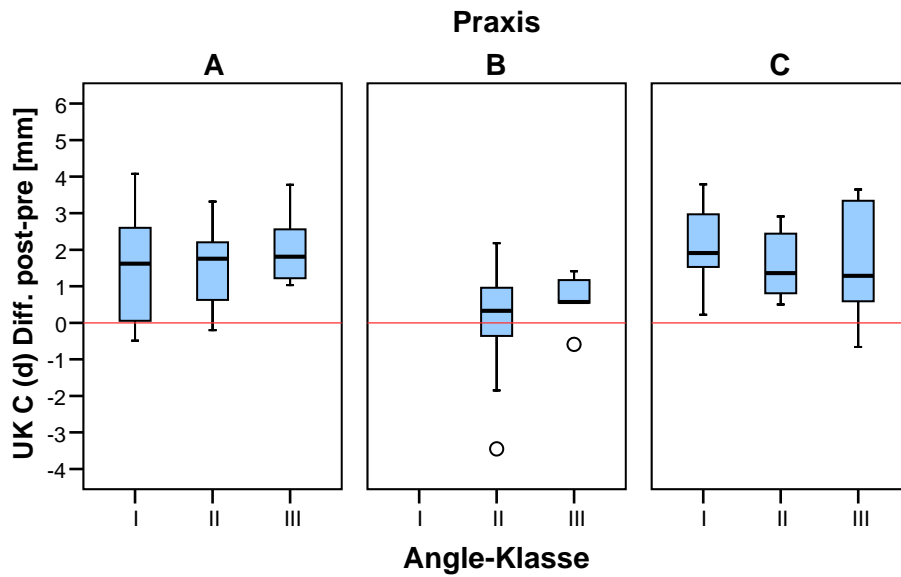


Abb. 13: UK C (d)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

### 3.2.2.3 Messpunkt 1. Prämolare (UK P1)

Tabelle 20 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Messpunkten der ersten Unterkiefer-Prämolaren vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	UK P1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	37,76	2,73	33,40	42,53	36,65	37,69	38,93
		post	7	39,50	1,57	37,77	42,21	38,11	38,98	40,77
		Diff. post-pre	7	1,74	2,07	-0,32	5,42	0,05	1,12	3,45
	II	pre	20	37,73	1,84	34,67	41,03	35,98	37,67	39,33
		post	20	39,97	0,93	38,28	42,47	39,42	39,82	40,49
		Diff. post-pre	20	2,24	1,81	-0,77	5,04	1,01	2,24	3,53
	III	pre	5	37,26	2,98	33,45	41,30	34,78	36,48	40,13
		post	5	40,71	1,81	38,85	43,42	39,17	40,29	42,47
		Diff. post-pre	5	3,46	1,27	2,12	5,40	2,34	3,39	4,61
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								

## Ergebnisse

C	II	pre	26	37,88	2,08	33,90	44,10	36,21	38,23	39,22	
		post	26	38,47	1,24	36,01	41,32	37,60	38,46	39,12	
		Diff. post-pre	26	,58	1,34	-3,11	3,25	-0,20	0,41	1,58	
	III	pre	5	37,91	2,04	35,70	39,92	35,82	38,12	39,89	
		post	5	39,01	1,62	37,08	40,98	37,36	39,43	40,45	
		Diff. post-pre	5	1,11	0,66	0,00	1,72	0,56	1,31	1,55	
	I	I	pre	13	37,67	1,94	33,53	40,78	36,47	37,59	38,99
			post	13	40,48	1,71	38,64	43,04	38,86	39,95	42,31
			Diff. post-pre	13	2,81	1,25	0,60	5,16	1,88	2,93	3,79
II		pre	13	37,12	1,66	34,70	40,76	35,95	37,00	38,08	
		post	13	39,50	1,38	36,91	41,24	38,61	39,98	40,64	
		Diff. post-pre	13	2,37	1,44	-0,68	4,42	1,47	2,33	3,57	
III		pre	10	38,92	1,77	37,02	41,69	37,13	38,87	40,49	
		post	10	40,94	1,49	38,81	43,26	39,55	40,97	41,92	
		Diff. post-pre	10	2,02	1,62	-0,84	4,45	1,07	1,94	3,18	

**Tab. 20:** Verteilung der UK P1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

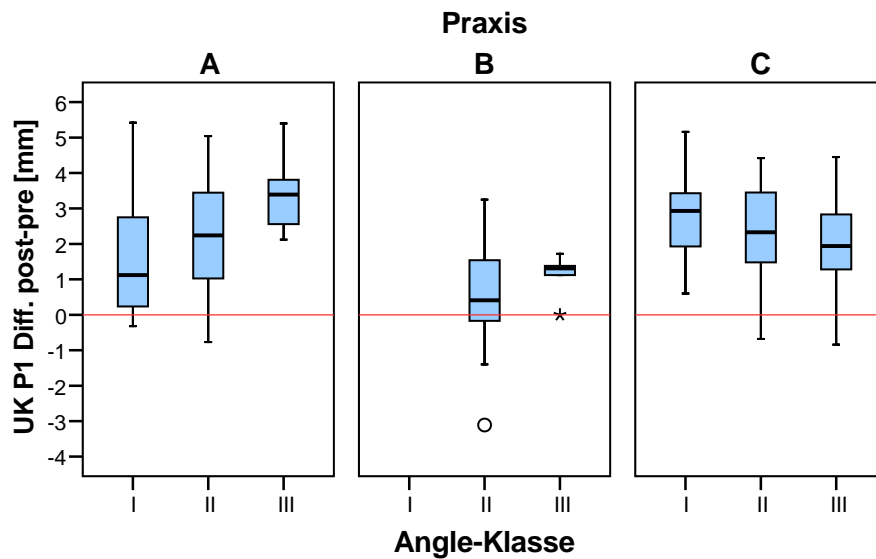
Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,001$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der UK P1-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch weder zwischen den Angle-Klassen noch zwischen den Praxen nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 2,43mm die größte mittlere Zunahme der P1-Strecke im Unterkiefer, Praxis B mit 0,67mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere P1-Differenz von 2,32 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der UK P1-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 21 dargestellt.

## Ergebnisse

Praxis	UK P1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	37,66	2,16	33,40	42,53	36,20	37,65	39,19
	post	32	39,98	1,25	37,77	43,42	39,12	39,82	40,55
	Diff. post-pre	32	2,32	1,83	-0,77	5,42	1,01	2,28	3,57
B	pre	31	37,89	2,04	33,90	44,10	36,14	38,20	39,34
	post	31	38,55	1,29	36,01	41,32	37,65	38,52	39,43
	Diff. post-pre	31	0,67	1,26	-3,11	3,25	-0,17	0,73	1,54
C	pre	36	37,82	1,89	33,53	41,69	36,52	37,56	39,21
	post	36	40,25	1,61	36,91	43,26	38,78	40,27	41,35
	Diff. post-pre	36	2,43	1,42	-0,84	5,16	1,46	2,49	3,45

**Tab. 21:** Verteilung der UK P1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 14 zeigt die Breitenveränderung bei UK P1 in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



**Abb. 14:** UK P1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

### 3.2.2.4 Messpunkt 2. Prämolare (UK P2)

Tabelle 22 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Messpunkten der zweiten Unterkiefer-Prämolaren vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	UK P2	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	43,31	3,26	39,44	49,89	41,43	43,33	43,64
		post	7	44,48	2,27	42,94	48,85	43,03	43,42	46,37
		Diff. post-pre	7	1,16	1,76	-1,04	3,76	-0,55	1,56	2,73
	II	pre	20	43,69	1,68	41,27	46,70	42,12	44,06	44,90
		post	20	44,62	1,34	42,15	46,77	43,47	44,84	45,79
		Diff. post-pre	20	,94	1,41	-1,54	3,61	0,03	0,78	2,14
	III	pre	5	43,59	3,32	38,13	46,79	40,68	44,43	46,08
		post	5	45,17	2,55	41,50	48,44	43,11	44,79	47,43
		Diff. post-pre	5	1,58	1,12	0,36	3,37	0,71	1,48	2,51
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
	II	pre	26	43,81	2,07	39,19	49,08	43,04	43,55	44,70
		post	26	43,65	1,41	41,51	46,83	42,62	43,45	44,58
		Diff. post-pre	26	-,15	1,13	-2,25	2,42	-0,94	-0,02	0,43
	III	pre	5	43,93	1,89	41,39	45,64	41,95	44,68	45,55
		post	5	44,38	2,34	42,01	48,05	42,47	43,90	46,54
		Diff. post-pre	5	,45	1,24	-0,78	2,41	-0,61	0,42	1,51
C	I	pre	13	44,00	1,82	40,96	47,20	42,55	43,63	45,62
		post	13	45,79	1,83	42,95	48,51	44,47	45,47	47,47
		Diff. post-pre	13	1,79	1,37	-0,62	3,86	0,89	1,94	2,82
	II	pre	13	43,71	2,43	41,21	48,99	41,80	42,37	45,14
		post	13	44,89	1,67	41,99	46,81	43,06	45,31	46,25
		Diff. post-pre	13	1,19	1,91	-2,70	4,03	0,01	1,64	2,55
	III	pre	10	44,88	1,28	43,30	46,95	43,68	44,85	45,95
		post	10	46,41	1,47	43,41	48,79	45,58	46,70	47,16
		Diff. post-pre	10	1,53	1,10	0,11	3,46	0,57	1,36	2,53

**Tab. 22:** Verteilung der UK P2-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

## Ergebnisse

Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,014$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der UK P2-Strecke uneinheitlich zwischen den Praxen verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch weder zwischen den Angle-Klassen noch zwischen den Praxen nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 1,50mm die größte mittlere Zunahme der P2-Strecke im Unterkiefer, Praxis B mit -0,06mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere P2-Differenz von 1,09 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der Verteilung der UK P2-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 23 dargestellt.

Praxis	UK P2	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	43,59	2,29	38,13	49,89	41,99	43,60	44,90
	post	32	44,68	1,73	41,50	48,85	43,39	44,72	46,04
	Diff. post-pre	32	1,09	1,43	-1,54	3,76	0,10	0,96	2,14
B	pre	31	43,83	2,01	39,19	49,08	42,94	43,57	44,89
	post	31	43,77	1,57	41,51	48,05	42,62	43,48	44,73
	Diff. post-pre	31	-0,06	1,15	-2,25	2,42	-0,78	0,05	0,44
C	pre	36	44,14	1,96	40,96	48,99	42,39	43,95	45,57
	post	36	45,64	1,74	41,99	48,79	44,62	45,78	46,88
	Diff. post-pre	36	1,50	1,51	-2,70	4,03	0,43	1,74	2,72

**Tab. 23:** Verteilung der UK P2-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 15 zeigt die Breitenveränderung bei UK P2 in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

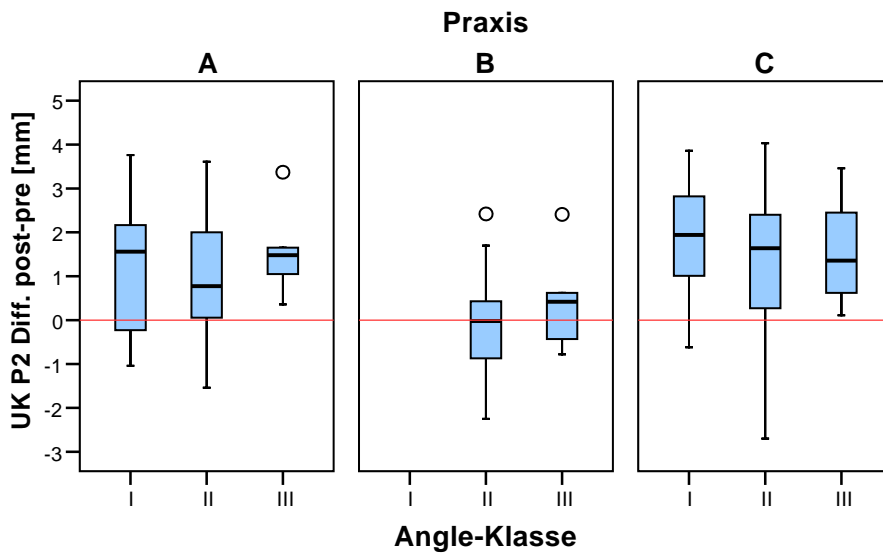


Abb. 15: UK P2-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

### 3.2.2.5 Messpunkt 1. Molar (UK M1)

Tabelle 24 zeigt die Verteilung der Messungen zwischen den Messpunkten der ersten Unterkiefer-Molaren vor und nach der Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.

Praxis	Angle-Klasse	UK M1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
								25.	50. (Median)	75.
A	I	pre	7	47,38	3,66	42,60	54,56	45,88	46,85	48,46
		post	7	47,79	3,10	45,01	54,23	46,10	46,59	48,99
		Diff. post-pre	7	0,41	1,24	-1,03	2,41	-0,67	0,20	1,57
	II	pre	20	48,29	1,64	44,40	50,63	47,02	48,53	49,66
		post	20	48,11	1,55	45,85	51,59	46,55	47,85	49,55
		Diff. post-pre	20	-0,17	1,43	-3,06	1,80	-1,14	0,06	0,77
	III	pre	5	45,98	4,71	40,17	50,88	41,10	47,09	50,31
		post	5	47,65	2,95	43,05	50,28	45,11	47,53	50,25
		Diff. post-pre	5	1,67	2,33	-0,60	5,16	-0,08	0,47	4,02
B	I	pre								
		post								
		Diff. post-pre								
II	pre	26	47,60	2,39	43,17	51,91	45,38	47,68	49,40	



## Ergebnisse

		post	26	46,72	2,00	43,20	51,38	45,39	46,42	47,61
		Diff. post-pre	26	-0,88	1,62	-3,55	2,11	-2,15	-1,00	0,25
III		pre	5	46,33	2,15	43,99	48,87	44,13	46,70	48,35
		post	5	47,19	2,97	43,57	51,41	44,46	47,43	49,79
		Diff. post-pre	5	0,86	1,70	-0,70	3,59	-0,56	0,73	2,34
C	I	pre	13	48,00	2,19	45,19	51,30	46,10	47,75	50,41
		post	13	49,61	1,84	45,57	52,28	48,62	49,43	51,00
		Diff. post-pre	13	1,60	2,01	-1,99	4,95	-0,17	1,68	3,25
	II	pre	13	47,79	3,19	43,46	53,56	45,18	47,54	50,66
		post	13	48,94	1,84	46,33	51,45	46,85	49,54	50,53
		Diff. post-pre	13	1,14	2,21	-2,63	4,23	-0,80	1,36	3,07
	III	pre	10	48,68	,99	46,47	50,03	48,23	48,79	49,33
		post	10	50,32	1,42	47,25	51,75	49,37	50,71	51,54
		Diff. post-pre	10	1,64	1,61	-0,51	5,28	0,37	1,57	2,41

**Tab. 24:** Verteilung der UK M1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Es zeigte sich ein signifikanter Behandlungseffekt, die gemessenen Strecken waren nach der Behandlung signifikant länger als vor der Behandlung (ANOVA für Messwiederholungen, Innersubjekteffekt,  $p < 0,001$ ). Es wurden jedoch ebenfalls signifikante Wechselwirkungen mit den Angle-Klassen beobachtet ( $p = 0,018$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der UK M1-Strecke uneinheitlich zwischen den Klassen verhielt; außerdem wurden signifikante Wechselwirkungen mit den Praxen beobachtet ( $p = 0,020$ ), dies bedeutet, dass sich die Veränderung der UK M1-Strecke zwischen den Praxen ebenfalls uneinheitlich verhielt. Ein signifikanter Unterschied im Verlauf der beiden Messungen konnte jedoch nur zwischen den drei Praxen nachgewiesen werden (Zwischensubjekteffekt,  $p = 0,006$ ), ein Einfluss der Angle-Klasse war nicht zu erkennen (Zwischensubjekteffekt,  $p > 0,05$ ). Post-Hoc-Paarvergleiche nach Scheffé ergaben, dass sich die Praxen B und C signifikant unterscheiden ( $p < 0,005$ ), zu A konnte kein Unterschied nachgewiesen werden. Praxis C erzielte mit 1,45mm die größte mittlere Zunahme der M1-Strecke im Unterkiefer, Praxis B mit -0,60mm die niedrigste. In Praxis A wurde eine mittlere M1-Differenz von 0,24 beobachtet. Weitere Größen zur Beschreibung der

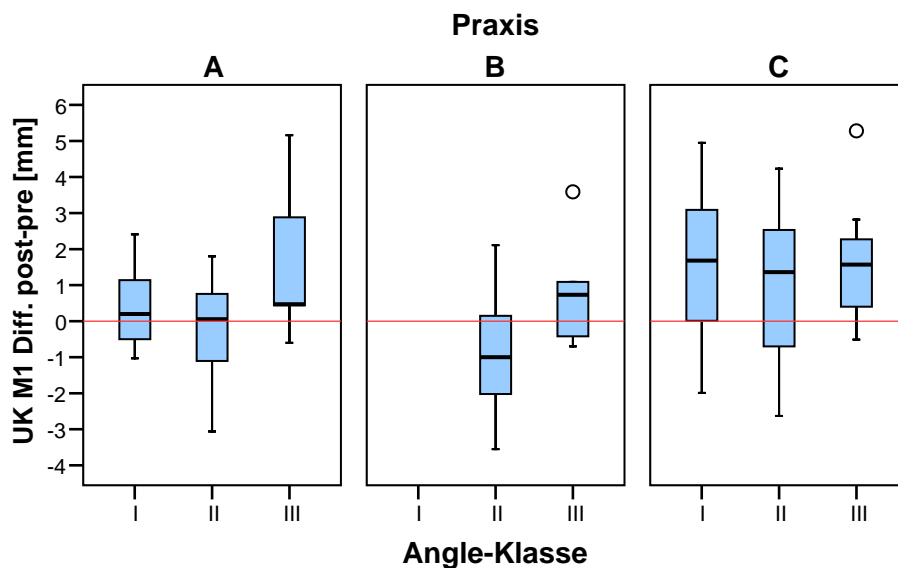
## Ergebnisse

Verteilung der UK M1-Werte vor und nach der Behandlung sowie der erzielten Behandlungsdifferenz je Praxis sind in Tabelle 25 dargestellt.

Praxis	UK M1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	pre	32	47,73	2,80	40,17	54,56	46,43	47,83	49,64
	post	32	47,97	2,12	43,05	54,23	46,47	47,68	49,55
	Diff. post-pre	32	0,24	1,64	-3,06	5,16	-0,65	0,22	1,16
B	pre	31	47,40	2,37	43,17	51,91	45,36	47,59	49,01
	post	31	46,80	2,13	43,20	51,41	45,35	46,42	48,17
	Diff. post-pre	31	-0,60	1,73	-3,55	3,59	-1,74	-0,78	0,64
C	pre	36	48,11	2,35	43,46	53,56	46,30	48,36	49,80
	post	36	49,56	1,78	45,57	52,28	48,40	49,94	50,95
	Diff. post-pre	36	1,45	1,95	-2,63	5,28	0,08	1,52	2,75

**Tab. 25:** Verteilung der UK M1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen sortiert nach Praxen (siehe Abschnitt 3.2 zur Legendenerläuterung).

Abbildung 16 zeigt die Breitenveränderung bei UK M1 in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.



**Abb. 16:** UK M1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis.

## Ergebnisse

### 3.3 Statistische Informationen zu Patienten und Behandlung

#### 3.3.1 Geschlecht, Alter und Behandlungsdauer der Patienten

Folgende Tabelle 26 zeigt die Altersverteilung bei Behandlungsbeginn und am Ende der Behandlung, sowie die Verteilung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit des Geschlechts.

Ein Zusammenhang zwischen Geschlecht und Alter oder Behandlungsbeginn war nicht nachweisbar (t-Test für unabhängige Stichproben).

Geschlecht		N	MW	SD	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
w	Alter vor Beh. [Jahre]	58	12,6	1,3	10,5	16,1	11,7	12,4	13,2
	Alter nach Beh. [Jahre]	58	14,3	1,3	11,7	17,5	13,3	14,3	15,0
	Beh.-dauer [Mon]	58	20,9	6,2	8,0	36,0	15,5	20,8	25,0
m	Alter vor Beh. [Jahre]	41	12,8	1,1	10,9	15,3	12,1	12,8	13,7
	Alter nach Beh. [Jahre]	41	14,7	1,1	12,8	17,6	13,8	14,4	15,4
	Beh.-dauer [Mon]	41	22,0	7,0	9,0	37,0	16,5	22,0	26,8
gesamt	Alter vor Beh. [Jahre]	99	12,7	1,2	10,5	16,1	11,8	12,5	13,3
	Alter nach Beh. [Jahre]	99	14,5	1,3	11,7	17,6	13,6	14,3	15,3
	Beh.-dauer [Mon]	99	21,3	6,5	8,0	37,0	16,0	22,0	26,0

**Tab. 26:** Altersverteilung bei Behandlungsbeginn und –ende, sowie die Verteilung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit des Geschlechts.

Legende: w=weiblich, m=männlich, Mon=Monate, N=Fallzahl, MW=Mittelwert, SD= Standardabweichung, Min=Minimalwert, Max=Maximalwert.

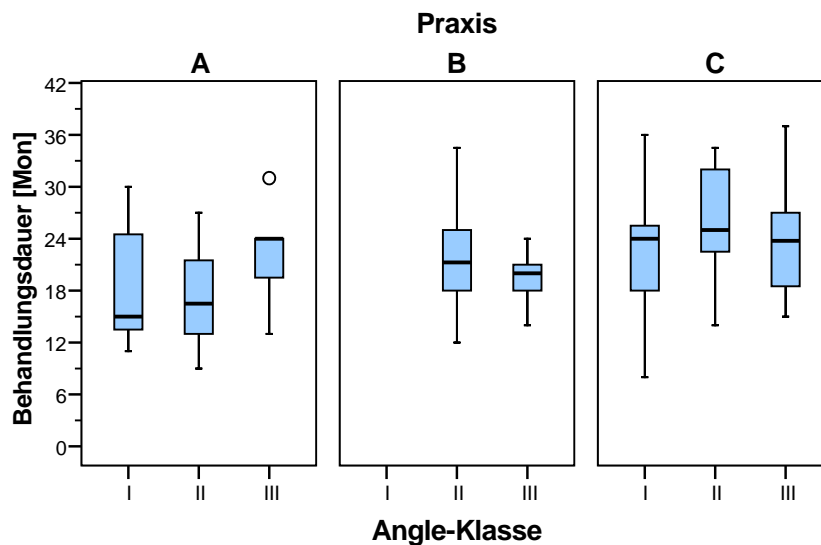
Ein Altersunterschied zwischen den Praxen oder Angle-Klassen konnte nicht nachgewiesen werden (Varianzanalyse zweifaktoriell,  $p > 0,05$ ). Auch ein Unterschied in der Behandlungsdauer zwischen den Angle-Klassen war nicht

## Ergebnisse

nachweisbar (ANOVA zweifaktoriell,  $p > 0,05$ ), wohingegen sich ein signifikanter Unterschied in der Behandlungsdauer zwischen den Praxen nachweisen ließ (ANOVA zweifaktoriell,  $p = 0,015$ ). Dabei zeigte sich, dass die Behandlungsdauer in Praxis C mit im Mittel  $24 \pm 7$  Monaten gegenüber der Praxis A mit einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von  $18,6 \pm 6,4$  Monaten signifikant erhöht war (Post-Hoc-Paarvergleiche nach Scheffé,  $p = 0,003$ ). Ein Unterschied zur Praxis B war nicht nachweisbar. In Tabelle 27 wird die Verteilung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit der Praxen dargestellt. Abbildung 17 zeigt die Behandlungsdauer in Abhängigkeit der Praxis und der Angle-Klassen.

Praxis		N	MW	SD	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
A	Beh.-dauer [Mon]	32	18,6	6,4	9,0	31,0	13,0	17,0	24,0
B	Beh.-dauer [Mon]	31	21,0	5,0	12,0	34,5	18,0	20,5	24,0
C	Beh.-dauer [Mon]	36	24,0	7,0	8,0	37,0	19,3	24,8	27,9

**Tab. 27:** Verteilung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit der Praxen. Legende (siehe Abschnitt 3.3.1).



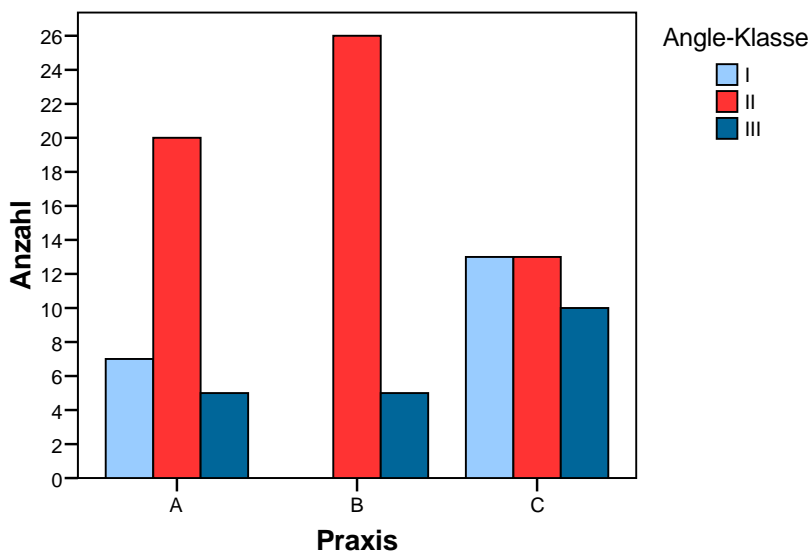
**Abb. 17:** Behandlungsdauer in Abhängigkeit der Praxis und der Angle-Klassen.

### 3.3.2 Praxen und Angle-Klassen

In Tabelle 28 werden die Angle-Klassen der untersuchten Patienten den Praxen anhand absoluter und prozentualer Häufigkeiten gegenübergestellt. Es wird deutlich sichtbar, dass die Angle-Klassenverteilung in den drei Praxen nicht einheitlich war, wie auch aus Abbildung 18 ersichtlich ist. Dieser Unterscheid (Zusammenhang zwischen Angle-Klassen und Praxen) erwies sich als signifikant (Chi-Quadrat-Test,  $p=0,001$ ). In der Analyse des Behandlungserfolges wurden daher stets Praxis und Angle-Klasse berücksichtigt.

		Angle-Klasse			Gesamt
		I	II	III	
Praxis	A	7 (21,9%)	20 (62,5%)	5 (15,6%)	32 (100,0%)
	B	0 (0,0%)	26 (83,9%)	5 (16,1%)	31 (100,0%)
	C	13 (36,1%)	13 (36,1%)	10 (27,8%)	36 (100,0%)
Gesamt		20 (20,2%)	59 (59,6%)	20 (20,2%)	99 (100,0%)

**Tab. 28:** Prozentuale Häufigkeiten der Angle-Klassen in den Praxen.



**Abb. 18:** Angle-Klassenverteilung in den drei Praxen.

## Ergebnisse

### 3.3.3 Einfluss auf die transversale Entwicklung

#### 3.3.3.1 Alter und Geschlecht

Ein Zusammenhang zwischen dem Alter und der erzielten Expansion gemessen an den Differenzen war nicht zu erkennen (Pearson-Korrelation,  $R < 0,2$ ).

In den folgenden Tabellen 29 und 30 wird die Verteilung der erzielten Differenzen im Ober- und Unterkiefer dargestellt.

Geschlecht	Differenz post-pre	N	MW	SD	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
w	OK C (Sp)	58	0,62	1,36	-3,55	4,54	-0,05	0,61	1,41
	OK C (d)	58	1,96	1,41	-1,00	5,60	0,96	1,80	3,08
	OK P1	58	2,71	1,75	-1,34	6,54	1,37	2,44	3,88
	OK P2	58	2,12	1,70	-2,94	6,23	0,92	2,17	3,30
	OK M1	58	0,28	1,90	-3,37	6,60	-1,18	0,14	1,56
m	OK C (Sp)	41	1,36	2,32	-3,50	8,65	-0,40	1,53	2,72
	OK C (d)	41	2,30	1,60	-1,62	5,92	1,17	2,39	3,71
	OK P1	41	2,80	1,88	-0,61	6,16	1,49	3,09	4,11
	OK P2	41	2,19	1,91	-2,29	6,04	0,83	1,91	3,45
	OK M1	41	0,70	1,50	-2,46	4,27	-0,41	0,47	1,47

**Tab. 29:** Erzielte Differenzen im Oberkiefer. Legende (siehe Abschnitt **3.3.1**).

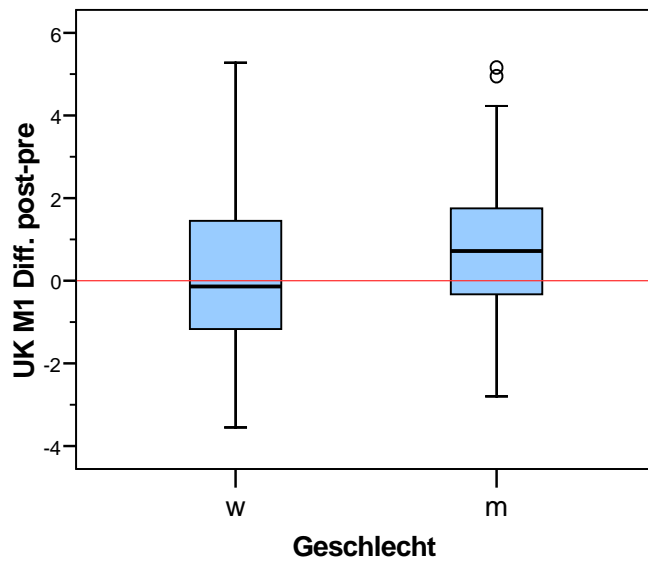
## Ergebnisse

Geschlecht	Differenz post-pre	N	MW	SD	Min	Max	Perzentile		
							25.	50. (Median)	75.
w	UK C (Sp)	58	0,07	1,34	-2,54	3,27	-0,72	-0,06	0,85
	UK C (d)	58	1,25	1,21	-1,09	4,08	0,38	1,13	1,96
	UK P1	58	1,82	1,69	-0,84	5,42	0,45	1,52	2,98
	UK P2	58	0,74	1,40	-2,23	3,76	-0,27	0,44	1,69
	UK M1	58	0,06	1,94	-3,55	5,28	-1,17	-0,14	1,47
m	UK C (Sp)	41	0,34	1,83	-5,19	4,62	-,74	0,22	1,47
	UK C (d)	41	1,29	1,49	-3,45	3,78	0,60	1,18	2,27
	UK P1	41	1,88	1,75	-3,11	4,79	0,67	2,04	3,24
	UK P2	41	1,08	1,66	-2,70	4,03	-0,18	1,18	2,34
	UK M1	41	0,92	1,90	-2,80	5,16	-0,35	0,72	1,78

**Tab. 30:** Erzielte Differenzen im Unterkiefer. Legende (siehe Abschnitt **3.3.1**).

Es zeigte sich ein vor Adjustierung signifikanter Einfluss des Geschlechts auf den Behandlungserfolg hinsichtlich UK M1. Die Patientinnen erzielten in dieser Messung mit 1,94mm eine signifikant höhere Differenz als die männlichen Patienten, die nur eine Differenz von 0,92mm erreichten (t-Test für unabhängige Stichproben,  $p=0,030$ ;  $p_{adj}=0,300$ ). Dieser beobachtete Geschlechtsunterschied wird in Abbildung 19 dargestellt. Nach Adjustierung aufgrund multiplen Testens kann dieser Unterschied jedoch nicht mehr als signifikant interpretiert werden. In allen übrigen Differenzen war kein Geschlechtsunterschied nachweisbar (t-Test für unabhängige Stichproben).

## Ergebnisse



**Abb. 19:** Geschlechtsunterschied des Behandlungserfolges hinsichtlich UK M1.

### 3.3.3.2 Behandlungsdauer

Ein Einfluss der Behandlungsdauer auf die erzielten Differenzen im Unterkiefer konnte nicht nachgewiesen werden (Pearson-Korrelation,  $R < 0,02$ ,  $p > 0,05$ ). Im Oberkiefer zeigte sich ein schwach positiver Zusammenhang zwischen der Behandlungsdauer und der Zunahme der Strecken C (Sp) (Pearson,  $R = 0,206$ ;  $p = 0,041$ ), C (d) ( $R = 0,227$ ,  $p = 0,024$ ) sowie P1 ( $R = 0,235$ ;  $p = 0,019$ ).



## 4 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Details der Untersuchung Schritt für Schritt diskutiert und mit den Ergebnissen anderer Autoren verglichen.

### 4.1 Probandengut

Das Kollektiv bestand aus Patienten dreier kieferorthopädischer Fachpraxen, die mit vorprogrammierten Multibandapparaturen behandelt waren. Die Vergleichbarkeit diagnostischer Kriterien und Therapiekonzepte ergibt sich aus der Tatsache, dass bei allen Patienten zu Beginn der Multibandbehandlung alle bleibenden Zähne bis zu den 1. Molaren sowohl vorhanden, als auch durchgebrochen waren und im Verlaufe der hier dokumentierten Therapie keine Extraktionen der Zähne im besagten Bereich vorgenommen wurden. Die Mitarbeit der Patienten, sowie das Können des jeweiligen Behandlers werden nicht berücksichtigt.

Die Probanden waren kaukasischer Herkunft, soweit sich das anhand der Namen und Photos der Patienten feststellen ließ. Schwer erfassbare Faktoren wie Erbanlage und Konstitution des Patienten wurden nicht berücksichtigt. Einige Autoren fanden etwas unterschiedliche Zahnbogengrößen in Abhängigkeit von Rasse oder Volkszugehörigkeit<sup>1</sup>; dabei spielten Essgewohnheiten<sup>2</sup>, Evolution<sup>3</sup> und Erbfaktoren eine Rolle. Beecher und Corrucini (1981) und Luther (1993) bemerkten, dass die Diät den Abrasionsgrad beeinflussen kann, wichtiger jedoch sind die dadurch veränderte Funktion und Muskelaktivität. Einzelne Untersuchungen führen die heutigen kleinen Zähne auf das Zivilisationsniveau zurück und besagen, dass die geringe Beanspruchung des mastikatorischen Apparates zu fehlender funktioneller

---

<sup>1</sup> vgl. Diwan, R. und Elahi, J.M. (1990), Proffit, W.R. und Fields, H.W.Jr. (1986) und Nummikoski, P. et al. (1988)

<sup>2</sup> vgl. Harper, C. (1994) und Moore, W.J. et al. (1968)

<sup>3</sup> vgl. Sharma, P.S. und Brown, R.V. (1967)

Wachstumsstimulierung führt und dadurch die Kiefer kleiner werden. Die fehlende Selektion könnte ebenfalls eine Ursache sein. Zwillingsuntersuchungen<sup>4</sup> bestätigen, dass Zahnbogenform<sup>5</sup>, Zahnbogenbreite und Rotationen auch genetisch beeinflusst werden.

### 4.1.1 Alter und Geschlechtsverteilung

Das Verhältnis von männlichen zu weiblichen Probanden beträgt in etwa 2:3. Die ungleichmäßige Geschlechtsverteilung spielt in dieser Studie keine Rolle, da mittels statistischer Berechnungen kein Altersunterschied bei Behandlungsbeginn und kein Unterschied in der Behandlungsdauer zwischen weiblichen und männlichen Patienten festgestellt werden konnte. Außerdem wurde zwischen weiblichen und männlichen Probanden kein Unterschied in der transversalen Veränderung gefunden; eine Ausnahme bildet der Abstand zwischen den 1. Molaren im Unterkiefer, wo bei männlichen Patienten im Mittel eine weitere Dehnung erreicht wurde als bei weiblichen. Andere Autoren fanden Unterschiede bezüglich der Größe der Dentition und bezüglich des Reifungsmusters, welche auf Behandlungsbeginn bzw. -erfolg Einfluss nehmen können. Garn et al. (1967) fanden bei Jungen durchschnittlich 4% größere Zähne als bei Mädchen; Nummikoski et al. (1988) ermittelten 0,6-1,1mm breitere Dentitionen bei Männern als bei Frauen. Die Geschlechtszugehörigkeit spielt eine bedeutende Rolle in Bezug auf das Wachstum. Baums Veröffentlichung (1951) zeigte einen deutlichen Unterschied im Reifungsmuster von Jungen und Mädchen: Die skelettale und dentale Reife ist bei Frauen im Durchschnitt im 13. Lebensjahr erreicht. Jungen zeigen dieses Entwicklungsstadium im Durchschnitt im 15. Lebensjahr. Harris (1962) stellte eine zwölfmonatige Differenz in den Wachstumskurven fest. Baum (1966) fasste zusammen und sprach über die „drei L (later, longer and larger)“ beim

---

<sup>4</sup> vgl. Boraas, J.C. et al. (1988) und Corrucini, R.S. und Potter, R.H. (1980)

<sup>5</sup> vgl. Harris, E.F. und Smith, R.J. (1980)

männlichen Wachstum. Autoren wie Buschang et al. (1984) entschieden sich für ein nicht gemischtes Patientengut.

### 4.1.2 Behandlungsdauer

Durchschnittlich betrug die Behandlungsdauer ein Jahr und neun Monate. Dies steht nicht im Widerspruch zu einer gemeinhin geschätzten Multibandtragezeit von 1,5 Jahren ohne den Schluss von Extraktionslücken. Überraschenderweise ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied in der Behandlungsdauer zwischen den Praxen A und C zugunsten der Praxis A. Die einzige Praxis mit einem selbstligierenden Bracketsystem schnitt also als diejenige mit der im Mittel längsten Behandlungsdauer ab.

Während die Hersteller selbstligierender Bracketsysteme mit kürzerer Behandlungsdauer durch den Einsatz äußerst geringer Kräfte bei minimaler Friktion des Behandlungsbogens im Bracketslot werben, wurden bei diversen Studien unterschiedliche Ergebnisse gefunden: Tecco et al. (2005) stellten eine niedrigere Friktion bei selbstligierenden verglichen mit konventionellen Brackets fest.

Allerdings fanden Kusy und Whitley (1999), sowie Articulo und Kusy (1999), heraus, dass die Friktion nur dermaßen gering ist, solange der Metallbogen gerade im Slot liegt, sich durch eine geringe Abweichung von dieser Achse aber bereits der Bogen so verkeilt, dass die Friktion mindestens auf das Maß eines konventionell ligierten Brackets ansteigt, so dass gerade zu Beginn einer Behandlung von Zahnfehlstellungen die Friktion groß ist. Harradine (2001) konnte bei einem direkten klinischen Vergleich eine um vier Monate kürzere Behandlungsdauer des Damon-Systems verglichen mit konventionellen Brackets, also einen deutlichen Erfolg für die selbstligierenden Brackets, verzeichnen. In Harradines Studie wurden je 30 Patienten mit einem der beiden Systeme behandelt; in der hier diskutierten Studie ist die Fallzahl für jedes der drei Bracket-Bogen-Systeme geringfügig größer. Somit sind die beiden Studien bezüglich der Probandenzahl als gleichwertig zu betrachten, wobei die

Unterschiedlichkeit der Behandler bzw. der Behandlungsphilosophie in den drei Praxen dieser Studie für die Abweichung in der Behandlungsdauer teilweise verantwortlich sein könnte.

### **4.2 Datenerhebung und Datenauswertung**

Die Daten aus den Archiven der drei Praxen wurden auf Vollständigkeit überprüft. Die Befundungen, alle Messungen (einschließlich der Genauigkeitskontrollmessungen), sowie die Auswertungen wurden von derselben Person durchgeführt.

#### **4.2.1 Modellanfertigung**

Um Nachuntersuchungsmodelle der Kiefer zur Verfügung zu haben, mussten ursprünglich bei den Patienten Kieferabformungen mit Alginat durchgeführt werden. Die Abdrücke wurden mit Hartgips (Velmix) ausgegossen; wegen dessen hoher Resistenz und niedriger Verformungsrate erlaubt er besonders bei mehrmaliger Vermessung eine präzisere Wertbestimmung als weichere Gipssorten. Gates und Nicholls (1981) sowie andere<sup>6</sup> untersuchten die Verbiegung des mandibulären Knochens bei der Öffnungsbewegung und meinen daher, dass Modelle immer mit Fehlern behaftet sind. Da dieser Fehler sich wahrscheinlich immer wiederholt, wird er in dieser Untersuchung außer Acht gelassen. Andere Autoren ziehen die direkte Vermessung im Mund vor, um die Gipsexpansion zu umgehen oder Kosten zu vermeiden. Dabei ist diese Methode allein schon wegen der schwierigeren Zugänglichkeit der Messregion mit vermutlich größerer Fehlerwahrscheinlichkeit behaftet, ganz abgesehen von der Tatsache, dass der Unterkiefer auch hierbei durch die

---

<sup>6</sup> vgl. Burch J.G. und Borches, G. (1970), De Marco, T.J. und Paine, S. (1974), McDowell, J.A. und Regli, C.P. (1961) und Regli, C.P. und Kelly, E.K. (1967)

Mundöffnungsbewegung verformt wird. Außerdem wäre eine retrospektive Studie nicht möglich, und die Sammlung geeigneter Patientenfälle, sowie deren Vermessungen würden unmaßig viel mehr Zeit in Anspruch nehmen.

### 4.3 Modellvermessungen und transversale Distanzen

Modellvermessungen werden sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer durchgeführt. Einige Arbeiten beschäftigen sich nur mit dem Unterkiefer<sup>7</sup> und sehen diesen als eine Art Schablone, an die sich der Oberkiefer anpasst. Strang schrieb 1949, dass die maxilläre Bogenform und Zahnstellung von der mandibulären Bogenform und Zahnposition abhängt, welche wiederum vom muskulären Gleichgewicht diktiert wird. Viele Untersuchungen zeigen dennoch unterschiedliche Veränderungen in Ober- und Unterkiefer.

Diese Studie befasst sich mit der transversalen Dimension von Ober- und Unterkiefer. Von diesem Thema handelt eine Vielzahl von Veröffentlichungen, wobei sich die Autoren uneinig sind; der Pont'sche Index ist für einige eine wesentliche Richtlinie der Diagnostik und Therapie, andere halten eine therapeutische transversale Erweiterung für kontraindiziert<sup>8</sup>, da sie ihrer Meinung nach ein instabiles Behandlungsergebnis hervorbringt.

Ein besonders in der internationalen Literatur weit verbreitetes Dogma bezüglich der transversalen Dimension ist die Unveränderlichkeit des Eckzahnabstandes, welche von Nance (1947) erstmals hervorgehoben und von Strang (1946 und 1949) und Riedel (1960) bekräftigt wurde. Andere Autoren betonen, dass dieser Abstand erst nach Durchbruch der unteren bleibenden Zähne nicht mehr zu vergrößern ist. Howes (1957) beschreibt die Möglichkeit einer Extraktion, wenn Eckzähne in die Lücken extrahierter Prämolaren hinein bewegt werden, wo der Zahnbogen etwas breiter ist. Sondhi et al. (1980) sind der Meinung, dass die Distalbewegung der Eckzähne die Expansion der

---

<sup>7</sup> vgl. Hime, D.L. und Owen, A.H. (1990)

<sup>8</sup> vgl. Grieve, G.V. (1944)

interkaninen Distanz nicht sichert. Kaplan (1988) ist der Auffassung, dass der Erhalt des Intereckzahnabstandes die Stabilität des Behandlungsergebnisses nicht sichern kann; dies begründet er damit, dass sich im unteren Schneidezahnbereich oft ein Engstand ausbildet, auch wenn die Intereckzahndistanz durch die Behandlung nicht verändert wurde.

Die kieferorthopädische Behandlung von Engständen ohne Extraktion beinhaltet die Expansion der Zahnbögen. Eine Expansion schmaler Zahnbögen kann durch Zahnbewegung und/oder Bewegung des Knochens mit Hilfe einer großen Auswahl an festsitzenden und herausnehmbaren Apparaturen erreicht werden. Greenbaum und Zachrisson (1982) brachten die Technik der langsamen Expansion mit der größten histologischen Integrität des Gewebes in Zusammenhang, andere mit einem geringeren Rezidivpotential.

Germane et al. (1991) stellten anhand eines mathematischen Modells fest, dass Molarenexpansion wenig Platzgewinn erzeugt; um einen Engstand von 2mm bei einem durchschnittlichen Zahnbogen zu beseitigen brauchte man 5mm Molarenexpansion, 2,5mm Eckzahnexpansion und weniger als 2mm Inzisiviprotusion. Bei einem schmalen Kiefer mit 40mm Intermolarenabstand werden mit dem ersten Millimeter Expansion nur 0,16mm Vergrößerung des Bogenumfangs erreicht, während bei einem breiten Kiefer mit 46mm Intermolarenabstand der erste Millimeter schon 0,38mm Vergrößerung mit sich bringt. Wenn Expansion tatsächlich zu größeren Rezidiven durch Erhöhung des Druckes der bukkalen Weichgewebe führt<sup>9</sup>, wäre das Ergebnis stabiler bei Patienten, die am Anfang der Behandlung breite Zahnbögen besitzen. Andererseits müssen schmale Zahnbögen häufiger gedehnt werden.

Lutz und Poulton (1985) fanden als Nebenwirkung eine proklinierte Position der unteren Inzisivi nach Behandlung, auch wenn nur in der Transversalen gedehnt wurde.

---

<sup>9</sup> vgl. Dewey, M. (1931)

## Diskussion

Lundström (1925) hat den Begriff „apikale Basis“ eingeführt. Er meinte, dass die Expansion der Zahnbögen nicht unbedingt eine Vergrößerung der apikalen Basis mit sich bringt, aber wenn dieses Wachstum stattfindet, sei die Prognose gut. Wächst die apikale Basis asynchron zum Zahnwechsel, so führe dies zum durch Broadbent (1941) beschriebenen „ugly duckling“.

Graber meinte 1971, dass es unmöglich sei, nach dem 11. Lebensjahr den unteren interkaninen Abstand zu erweitern; der Oberkieferzahnbogen solle nur so weit gedehnt werden, dass er zum Unterkieferzahnbogen passe. Van der Linden und Boersma (1988) meinten, dass sich die Möglichkeit der Unterkieferdehnung auf Bukkalverschiebung und Zahnaufrichtung innerhalb der Kortikalplatten beschränke; der Basalknochen und der apikale Bereich des Unterkiefers können nicht durch therapeutische Maßnahmen beeinflusst werden. Der Oberkiefer dagegen kann sowohl durch Aufdehnen der mittleren Gaumennaht, als auch durch Bukkalerweiterung des Alveolarfortsatzes verbreitert werden. Ganz vollständig ist diese Angabe nicht, denn für die Erweiterung des Unterkiefers ist außerdem die Möglichkeit einer Symphysendistraktionsosteogenese zu berücksichtigen. Diese führt, wie Del Santo et al. (2000) beschreiben, zu einer Zunahme der mandibulären Zahnbogenbreite, die selbstverständlich im Eckzahnbereich größer ist als im Molarenbereich; somit muss es auch zu einer Vergrößerung der apikalen Basis kommen.

Die Mehrheit der Autoren berichtet über die Tendenz therapeutisch transversal erweiterter Zahnbögen, auf das ursprüngliche Maß zu rezidivieren, so zum Beispiel Huck et al. (2000). Aber Walter (1962) und Steadman (1961) sind der Meinung, dass die Expansion stabil bleiben kann, wenn sie gering ist und im Gleichgewicht mit der muskulären Funktion und dem Wachstum stehe. In Walters Studie (1962) wurde bei 62% der Nichtextraktionsfälle eine Zunahme der Intereckzahnbreite um 2mm erreicht und beibehalten. 62% der Patienten der Extraktionsgruppe zeigten eine Zunahme um 1,4mm in der interkaninen Distanz, die ebenfalls stabil blieb. 72% der Nichtextraktionsgruppe zeigten

## Diskussion

durchschnittlich 1,8mm stabilbleibende Zunahme der Intermolarendistanz. Darüber hinaus fordern Krey et al. (2008) sogar, dass bei einer chirurgisch unterstützten Gaumennahterweiterung die Eckzähne und 2. Molaren zur Rezidivminimierung in die Dehnapparatur mit einbezogen werden sollten. Zur Veränderung des Eckzahnabstandes generell besteht jedoch auch die realistische Einschätzung, dass besagter im Zuge einer Multibandbehandlung in der Vielzahl der Fälle zunimmt. So beschreiben Aksu und Kocadereli (2005) eine signifikante Vergrößerung des Eckzahnabstandes sowohl in Extraktions-, als auch in Nicht-Extraktionsfällen. Gianelly (2003) stellt eine Vergrößerung des unteren Eckzahnabstandes zumindest bei Extraktionsfällen fest, was in jedem Fall der Unveränderlichkeit der interkaninen Distanz widerspricht.

Gardner und Chaconas (1976) untersuchten Nicht-Extraktionsfälle und zeigten ein Rezidiv der interkaninen Distanz bei 58,5%, des intermolaren Abstandes dagegen nur bei 2,9% der untersuchten Fälle.

Die Studien von Glenn et al. (1987) und Shapiro (1974) zeigten Unterschiede in der Langzeitstabilität des Intermolarenabstandes zwischen Nichtextraktions- und Extraktionsfällen: Bei der Gruppe mit Extraktion zeigte sich eine Verringerung des intermolaren Abstandes während und nach der Behandlung, bei der Gruppe ohne Extraktion war er stabil geblieben oder sogar größer geworden.

Hime und Owen (1990) untersuchten die Stabilität der Zahnbogenexpansion mit dem Funktionsregler nach Fränkel und fanden eine stabile Erweiterung auch im Eckzahnbereich: Die Zunahme betrug durchschnittlich 1,5mm während der Behandlung, das Rezidiv nur 0,3mm, wobei das größte Rezidiv 0,75mm maß. Die intermolare Breite war durch die aktive Behandlung um 1,35mm vergrößert worden; bei der Nachuntersuchung hatte diese Distanz sogar um weitere 0,25mm zugenommen.



## Diskussion

Veränderungen der interkaninen Breite können sich auf die Position der unteren Inzisivi auswirken. Barrow und White (1952) und Sillman (1964) beobachteten eine schnelle Zunahme der interkaninen Breite zwischen dem 6. und 9. Lebensjahr, während Inzisivi und Eckzähne durchbrechen<sup>10</sup>, und eine spätere Abnahme, was sie mit der Entstehung von Engständen in Verbindung brachten. Ähnlich verhielten sich die Molaren; das Phänomen wurde hier mit der Mesialdrift der Molaren nach Verlust der Milchmolaren erklärt. Richardson und Brodie (1964) fanden in ihrer Untersuchung heraus, dass die Zahnbögen in der späten Phase des Wechselgebisses am breitesten sind. Owen (1983) berichtet über verschiedene Studien, die zu der Erkenntnis führen, dass eine mandibuläre Expansion noch vor oder während des Durchbruchs der bleibenden Zähne durchgeführt werden sollte. Baume (1950) fand in seinen Untersuchungen, dass die Kiefer während des Durchbruchs der Frontzähne anterior und lateral wachsen, und dass die interkanine Breite bei lückenlosen Zahnbögen stärker zunimmt als bei lückigen.

Athanasiou et al. (1992) untersuchten PA-Schädelröntgenbilder unbehandelter Jugendlicher im Alter von 6 bis 15 Jahren und fanden eine Vergrößerung aller skelettaler Breiten in diesem Zeitraum. Zuerst war das Breitenwachstum beendet, dann das sagittale Wachstum und schließlich das Höhenwachstum.

Mills (1964) fand einen signifikanten Zusammenhang zwischen Engstand und Bogenbreite. Schulhof et al. (1978) untersuchten Patienten bezüglich der interkaninen Breite am Ende der Behandlung und fanden geringere Rezidive bei Patienten mit kleinerem Abstand. Für Howe et al. (1983) sind schmale Bögen ein prädisponierender Faktor für Engstände.

Buschang et al. (1994) studierte kieferorthopädisch unbehandelte weibliche Probanden zwischen dem 17. und dem 68. Lebensjahr. Die Probanden wurden dem Alter nach in drei Gruppen eingeteilt. Bei den jüngeren waren Zahnbogenbreiten und -längen signifikant größer. Die Bogenform der Älteren

---

<sup>10</sup> vgl. Cohen, J.T. (1940)

war kürzer und breiter: Interkanine und intermolare Breite wurden mit den Jahren größer, während sich die Bogenlänge weiter verkürzte.

Damit das kieferorthopädische Behandlungsergebnis dauerhaft stabil bleibt, muss sich im Umfeld des Gebisses ein muskuläres Gleichgewicht einstellen. Dieser Hypothese schloss sich Graber (1963) an und erklärt damit viele Misserfolge und Rezidive der Dehntherapie. Durch die Dehnung der Zahnbögen werden die Zähne in Zonen bewegt, in denen die Kräfte des M. buccinator den Zungendruck übertreffen, wodurch eine funktionelle Instabilität entsteht.

Bevor der Versuch unternommen wird, einen Engstand durch Kieferdehnung zu beheben, sollte nach van der Linden und Boersma (1988) sichergestellt sein, dass der Engstand auf eine transversale Anomalität zurückzuführen ist.

### **4.3.1 Die transversalen Distanzen in Ober- und Unterkiefer**

Bei der vorliegenden Studie ergab sich für alle fünf Messpunkte im Oberkiefer eine statistisch signifikante Vergrößerung der Messstrecken während der Multibandtragezeit. Diese Tatsache lässt den Schluss zu, dass die mit der Multibandapparatur eingesetzte Bogenform eine transversal erweiternde Kraft auf den Zahnbogen ausübt. Eine direkte Relation zwischen Bogenform und Verbreiterung des Zahnbogens, im Sinne der größten Expansion durch den breitesten Bogen, kann nur an den Eckzahnpunkten und am 1. Prämolaren ausgemacht werden, was auf die Vielzahl anderer Einflussfaktoren hinweist. Denn das Maß der Erweiterung hängt sicherlich auch vom funktionellen Spiel der umliegenden Weich- und Hartgewebe (Muskulatur, Größe der Wurzeloberfläche in Gegend des Messpunktes, antagonistischer Zahnkontakt, etc.), sowie von einsetzendem Gesichtswachstum und von der ursprünglichen Zahnstellung ab.

## Diskussion

Im Unterkiefer hingegen ergab sich für die Messstrecke zwischen den Eckzahnschmalen kein statistisch signifikanter Größenunterschied von vorher zu nachher. Für die übrigen Messstrecken, also vom distalen Teil des Eckzahnes an, kam es zu einer signifikanten Veränderung, die mit Ausnahme des 1. Molaren mit der Breitenrelation zwischen den Bogenformen korrelierte.

Bei einem anderen Probandengut könnte es zwar zu einem unterschiedlichen Ergebnis kommen; wollte man aber die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie auf das Dogma der Unveränderlichkeit, zumindest der unteren Eckzahndistanz beziehen, so käme als erstes die Frage auf, wo am Eckzahn der Messpunkt festzulegen wäre.

Auch Franchi et al. (2006) fanden eine statistisch signifikante transversale Erweiterung durch Multibandbehandlung.

Die hier während des Behandlungszeitraumes erzielten Messstreckendifferenzen zeigen im Ober- wie im Unterkiefer die größte Erweiterung in Gegend des 1. Prämolaren, von dort aus nach mesial und distal hin abnehmende Werte.

BeGole et al. (1998) arbeiteten die größte Expansion in Gegend des 2. Prämolaren heraus, wobei zu beachten ist, dass diese Studie aus Chicago, Illinois stammt und hier sicherlich eine nach distal hin weiter expandierende Bogenform benutzt worden war, um dem nordamerikanischen Ästhetikempfinden zu entsprechen und die buccal corridors möglichst zu schließen. McNamara et al. (2003), die eine GNE-Apparatur gefolgt von Multiband verwendeten, stellten im Oberkiefer die größte Expansion bei den 2. Prämolaren fest, im Unterkiefer bei den 1. Prämolaren; auch diese Studie wurde in Nordamerika durchgeführt. Bedenken gegenüber der Verwendung der GNE-Apparatur können damit relativiert werden, dass die Gaumennahterweiterung selbst eine größere Dehnung im Prämolaren- als im Molarenbereich produziert, wie Chung und Font (2004) herausfanden.

### 4.4 Schlussfolgerung

Aus den durchgeführten Untersuchungen lassen sich folgende Schlüsse ableiten:

- Die Multibandapparatur als alleiniges Behandlungsmittel beeinflusst die transversale Zahnbogendimension unabhängig von Angle-Klasse oder Geschlecht; dies gilt sowohl für den Oberkiefer, als auch für den Unterkiefer.
- Werden die Behandlungsbögen in der ursprünglichen Form belassen – werden sie also nicht durch besondere Biegungen modifiziert –, so ist der Apparatur eine expansive Wirkung zuzuschreiben.
- Die größte Erweiterung des Zahnbogens ist in der Gegend der 1. Prämolaren zu finden. Das Ausmaß der Breitenzunahme nimmt nach mesial und nach distal ab.
- In der Prämolarengegend ist der Einfluss der Behandlungsbögen am größten – nur hier erzielte der breiteste Bogen die meiste Expansion, der schmalste die geringste.
- Der Altersunterschied der adoleszenten Probanden hat keinen Einfluss auf das Maß der transversalen Veränderung.
- Ein Geschlechtsunterschied zwischen den Patienten wirkt sich lediglich auf den 1. Molaren im Unterkiefer aus, wo bei männlichen Probanden eine größere Expansion erzielt wurde als bei weiblichen.

## 5 Zusammenfassung

Um den Einfluss der Multibandapparatur auf die transversale Zahnbogendimension in Ober- und Unterkiefer zu überprüfen, wurden 99 Patientenfälle aus drei verschiedenen Praxen zu etwa gleich großen Teilen ausgewählt. Bei allen in die Studie aufgenommenen Fällen waren alle bleibenden Zähne bis zum 1. Molaren durchgebrochen, und es wurden während des untersuchten Zeitraumes keine Zähne extrahiert. Die mittlere Behandlungsdauer betrug 1 Jahr und 9 Monate, wobei in einem Durchschnittsalter von 12 Jahren und 7 Monaten bebandert und in einem durchschnittlichen Alter von 14 Jahren und 4 Monaten entbändert wurde.

Die Gipsmodelle der Situationen vor Beginn und nach Abschluss der Multibandbehandlung wurden an fünf transversalen Strecken pro Kiefer vermessen.

Die Messergebnisse wurden statistisch ausgewertet und nach Errechnung der Medianwerte, Standardabweichungen und 75%-Konfidenzintervalle, nach Praxen und Angle-Klassen geordnet, miteinander verglichen.

Es zeigte sich eine durchschnittliche Zunahme der transversalen Dimension in allen Messstrecken, außer an der Unterkiefer-Eckzahnspitze; hier war keine statistisch signifikante Änderung feststellbar. Die größte Zahnbogenerweiterung war im Bereich der 1. Prämolaren in Ober- und Unterkiefer zu finden; nach mesial und distal nahm die Größe der Expansion ab.

Eine transversale Erweiterung von Zahnbögen muss in vielen Fällen therapeutisch durchgeführt werden. Hierzu steht dem Behandler eine Vielzahl von Geräten zur Verfügung, deren Einsatz nicht nur unterschiedlich wirkungsvoll, sondern auch unterschiedlich invasiv ist. Vor der Durchführung von beispielsweise Gaumennahterweiterungen oder Distaktionsosteogenesen ist zu prüfen, ob der gewünschte Effekt nicht ebenso durch eine weniger invasive Behandlungsvariante erreicht werden kann, im Idealfall sogar durch eine Apparatur, die ohnehin zum Einsatz käme, z. B. eine Multibandapparatur, deren verhältnismäßig geringe expansive Wirkung beispielsweise durch Modifizierung der Bogenform verstärkt werden kann.

## 6 Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	Die Kettenkurve. ....	5
<b>Abb. 2:</b>	Die Bogenform nach Brader. ....	7
<b>Abb. 3:</b>	Beispiele für Bogenformen unterschiedlichen Typs. ..	9
<b>Abb. 4:</b>	Lage der Messpunkte und –strecken an Ober- und Unterkiefermodell. ....	13
<b>Abb. 5:</b>	Digitale Schieblehre. ....	18
<b>Abb. 6:</b>	Graphische Darstellung der transversalen Dimensionsunterschiede der Bogenformen. ....	21
<b>Abb. 7:</b>	OK C (Sp)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	25
<b>Abb. 8:</b>	OK C (d)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	27
<b>Abb. 9:</b>	OK P1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	30
<b>Abb. 10:</b>	OK P2-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	32
<b>Abb. 11:</b>	OK M1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	35
<b>Abb. 12:</b>	UK C (Sp)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	37
<b>Abb. 13:</b>	UK C (d)-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	40
<b>Abb. 14:</b>	UK P1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	42
<b>Abb. 15:</b>	UK P2-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	45
<b>Abb. 16:</b>	UK M1-Differenzen in Abhängigkeit von Angle-Klasse und Praxis. ....	47

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 17:</b>	Behandlungsdauer in Abhängigkeit der Praxis und der Angle-Klassen. ....	49
<b>Abb. 18:</b>	Angle-Klassenverteilung in den drei Praxen. ....	50
<b>Abb. 19:</b>	Geschlechtsunterschied des Behandlungserfolges hinsichtlich UK M1. ....	53

## 7 Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b>	Aufstellung der Bracketsysteme und Bogenformen.	10
<b>Tab. 2a:</b>	Definition der Messpunkte im Oberkiefer.	14
<b>Tab. 2b:</b>	Definition der Messpunkte im Unterkiefer.	14
<b>Tab. 3a / 3b:</b>	Abstände der Messpunkte auf dem Metallbogen zur Bogenmitte und zu den zugehörigen Messpunkten im Zahnbogen.	16
<b>Tab. 4:</b>	Aufstellung der vermessenen Stahlbögen.	20
<b>Tab. 5:</b>	Ergebnisse der transversalen Dimensionsmessungen der Bogenformen für Ober- und Unterkiefer.	21
<b>Tab. 6 / 7:</b>	Verteilung der OK C(Sp)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	23 / 24
<b>Tab. 8 / 9:</b>	Verteilung der OK C(d)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	25 / 27
<b>Tab. 10 / 11:</b>	Verteilung der OK P1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	28 / 29
<b>Tab. 12 / 13:</b>	Verteilung der OK P2-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	30 / 32
<b>Tab. 14 / 15:</b>	Verteilung der OK M1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	33 / 34
<b>Tab. 16 / 17:</b>	Verteilung der UK C (Sp)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	35 / 37
<b>Tab. 18 / 19:</b>	Verteilung der UK C (d)-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	38 / 39
<b>Tab. 20 / 21:</b>	Verteilung der UK P1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	40 / 42
<b>Tab. 22 / 23:</b>	Verteilung der UK P2-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	43 / 44



## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 24 / 25:</b>	Verteilung der UK M1-Messungen vor und nach Behandlung, sowie die erzielten Differenzen.	45 / 47
<b>Tab. 26:</b>	Altersverteilung bei Behandlungsbeginn und –ende und die Verteilung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit des Geschlechts.	48
<b>Tab. 27:</b>	Verteilung der Behandlungsdauer in Abhängigkeit der Praxen.	49
<b>Tab. 28:</b>	Prozentuale Häufigkeiten der Angle-Klassen in den Praxen.	50
<b>Tab. 29:</b>	Erzielte Differenzen im Oberkiefer.	51
<b>Tab. 30:</b>	Erzielte Differenzen im Unterkiefer.	

## 8 Literaturverzeichnis

- Aksu M., Kocadereli I. (2005): Arch width changes in extraction and nonextraction treatment in class I patients. *Angle Orthod.* 75 (6): 948-52.
- Andrews L. F. (1989): *Straight Wire – The concept and appliance.*  
L. A. Wells Co., San Diego, CA.
- Angle E. H. (1907): *Treatment of malocclusion of the teeth.*  
1. Auflage, Philadelphia: White Dental Manufact.
- Articolo L. C., Kusy R. P. (1999): Influence of angulation on the resistance to sliding in fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 115: 39-51.
- Athanasiou A. E., Droschl H., Bosch C. (1992): Data and patterns of transverse dentofacial structure of 6- to 15-year-old children: A posteroanterior cephalometric study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 101: 465-71.
- Barrow G. V., White J. R. (1952): Developmental changes of the maxillary and mandibular dental arches. *Angle Orthod.* 22: 41-6.
- Baum A. T. (1966): Orthodontic treatment and the maturing face. *Angle Orthod.* 36: 121-35.
- Baume L. J. (1950a): Physiological tooth migration and significance for the development of occlusion. I. The biogenetic course of the deciduous dentition. *J Dent Res.* 29: 123-32.
- Baume L. J. (1950b): Physiological tooth migration and significance for the development of occlusion. II. The biogenesis of accessional dentition. *J Dent Res.* 29: 331-37.
- Baume L. J. (1950c): Physiological tooth migration and significance for the development of occlusion. III. The biogenesis of the successional dentition. *J Dent Res.* 29: 338-48.
- BeGole E. A., Fox D. L., Sadowsky C. (1998):  
Analysis of change in arch form with premolar expansion.  
*Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 113 (3): 307-15
- Black G. V. (1902): *Descriptive anatomy of the human teeth.*  
Ed. 5, Philadelphia, S. S. White Dental Mfg. Co., pp. 130-152.
- Bonwill W. G. A. (1884-1885): *Geometrical and mechanical laws of articulation.*  
*Tr. Odont. Soc. Penn.*, pp. 119-133.

## Literaturverzeichnis

- Boone G. N. (1963): Archwires designed for individual patients.  
Angle Orthod. 33: 178-185.
- Boraas J. C., Messer L. B., Till M. J. (1988): A genetic contribution to dental caries, occlusion and morphology as demonstrated by twins reared apart.  
J Dent Res. 67: 1150-5.
- Brader A. C. (1972): Dental arch form related to intra-oral forces: PR=C.  
Am J Orthod. 61: 541-61.
- Broadbent B. H. (1941): Ontogenic development of occlusion.  
Angle Orthod. 11: 223-41.
- Broomell I. N. (1902): Anatomy and histology of the mouth and teeth.  
Ed. 2, Philadelphia, P. Blakiston's Son & Co., p. 99.
- Burch J. G., Borches G. (1970): Method for study of mandibular arch width change. J Dent Res. 49: 463.
- Burdi A. R., Lillie J. H. (1966): A catenary analysis of the maxillary dental arch during human embryogenesis. Anat. Rec., 154: 13-20.
- Buschang P. H., Stroud J., Alexander R. G. (1994): Differences in dental arch morphology among adult females with untreated Class I and Class II malocclusion. Eur J Orthod. 16: 47-52.
- Chuck G. C. (1934): Ideal arch form. Angle Orthod., 4: 312-327.
- Chung C. H., Font B. (2004): Skeletal and dental changes in the sagittal, vertical and transverse dimensions after rapid palatal expansion.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop. 126 (5): 569-75.
- Cohen J. T. (1940): Growth and development of the dental arches in children.  
J Am Dent Assoc. 27: 1250-60.
- Corrucini R. S., Potter R. H. (1980): Genetic analysis of occlusal variation in twins. Am J Orthod. 78: 140-54.
- Dahlberg G. (1940): Statistical methods for medical and biological students.  
New York Interscience Publications.
- Del Santo M. Jr., Guerrero C. A., Buschang P. H., English J. D., Samchukov M. L., Bell W. H. (2000): Long-term skeletal and dental effects of mandibular symphyseal distraction osteogenesis.  
Am J Orthod Dentofacial Orthop. 118 (5): 482-4.
- De Marco T. J., Paine S. (1974): Mandibular dimensional change.  
J Prosthet Dent. 31: 482-5.

## Literaturverzeichnis

- Dewey M. (1931): Evolution and development of normal occlusion.  
J Am Dent Assoc. 18: 1400-4.
- Diwan R., Elahi J. M. (1990): A comparative study between three ethnic groups to derive some standards for maxillary arch dimensions.  
J Oral Rehabil., 17: 43-8.
- Franchi L., Baccetti T., Camporesi M., Lupoli M. (2006): Maxillary arch changes during leveling and aligning with fixed appliances and low-friction ligatures. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 130 (1): 88-91.
- Gardner S. D., Chaconas S. J. (1976): Posttreatment and postretention changes following orthodontic therapy. Angle Orthod. 46: 151-61.
- Gates G. N., Nicholls J. I. (1981): Evaluation of mandibular arch width change. J Prosthet Dent. 46: 385-92.
- Germane N., Lindauer S. J., Rubenstein L. K., Revere J. H. Jr., Isaacson R. J. (1991): Increase in arch perimeter due to orthodontic expansion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 100: 421-7.
- Gianelly A. A. (2003): Arch width after extraction and nonextraction treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 123 (1): 25-8.
- Glenn G., Sinclair P. M., Alexander R. G. (1987): Nonextraction orthodontic therapy: Posttreatment dental and skeletal stability. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 92: 321-8.
- Graber T. M. (1963): The three "M's": Muscles, malformation and malocclusion. Am J Orthod. 49: 418-50.
- Graber T. M. (1971): Serial extraction: A continuous diagnostic and decisional process. Am J Orthod. 60: 541-75.
- Gray's Anatomy, 28th ed. (1942)
- Greenbaum K. R., Zachrisson B. U. (1982): The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. Am J Orthod. 81: 12-21.
- Grieve G. W. (1944): The stability of the treated denture. Am J Orthod Oral Surg. 30: 171-95.
- Harper C. (1994): A comparison of medieval and modern dentitions. Eur J Orthod. 16: 163-73.
- Harradine N. W. (2001): Self-ligating brackets and treatment efficiency. Clin Orthod Res. 4 (4): 220-7.

## Literaturverzeichnis

- Harris E. F., Smith R. J. (1980): A study of occlusion and arch widths in families. Am J Orthod. 78: 155-63.
- Harris J. E. (1962): A cephalometric analysis of mandibular growth rate. Am J Orthod. 48: 161-74.
- Hawley C. A. (1905): Determination of the normal arch and its application to orthodontia. Dental Cosmos 47: 541-552.
- Hime D. L., Owen A. H. (1990): The stability of the arch-expansion effects of Fränkel appliance therapy. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 98: 437-45.
- Howe R. P., McNamara J. A. Jr., O'Connor K. A. (1983): An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. Am J Orthod. 83: 363-73.
- Howes A. E. (1957): Arch width in the premolar region – still the major problem in orthodontics. Am J Orthod. 43: 5-31.
- Huck L., Kahl-Nieke B., Schwarze C. W., Schüssele B. (2000): Postretention changes in canine position. Results of a long-term follow-up. J Orofac Orthop. 61 (3): 199-206.
- Kaplan H. (1988): The logic of modern retention procedures. Am J Orthod. 93: 325-40.
- Korkhaus G. (1932): Orthodontische Diagnostik, dreidimensionale Modellvermessung. Fortschr Zahnheilk. 8, 719.
- Krey K. F., Walter F., Dannhauer K. H. (2008): Changes in arch form following Surgically-assisted Rapid Maxillary Expansion (SRME). J Orofac Orthop. 69(3): 177-188.
- Kusy R. P., Whitley J. Q. (1999): Assessment of second-order clearances between orthodontic archwires and bracket slots via the critical contact angle for binding. 69 (1): 71-80.
- Lundström A. (1925): Malocclusions of the teeth regarded as a problem in connection with the apical base. Intern J Orthod. 11: 591-602, 724-31, 793-812, 933-41, 1022-42, 1109-33.
- Lutz H. D., Poulton D. R. (1985): Stability of dental arch expansion in the deciduous dentition. Angle Orthod. 55: 299-315.
- MacConaill M. A., Scher E. A. (1949): The ideal form of the human dental arcade, with some prosthetic application. D. Record, 69: 285-302.

## Literaturverzeichnis

- McDowell J. A., Regli C. P. (1961): A quantitative analysis of the decrease in width of the mandibular arch during forced moves of the mandible. *J Dent Res.* 40: 1183-5.
- McNamara J. A. Jr., Baccetti T., Franchi L., Herberger T. A. (2003): Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: A long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthod.* 73 (4): 344-53.
- Miles P. G., Weyant R. J., Rustveld L. (2006): A clinical trial of Damon 2 vs conventional brackets during initial alignment. *Angle Orthod.* 76 (3): 480-5.
- Mills L. F. (1964): Arch width, arch length and tooth size in young adult males. *Angle Orthod.* 34: 124-9.
- Moore W. J., Lavelle C. L., Spence T. F. (1968): Changes in the size and shape of the human mandible in Britain. *Br Dent J.* 125:163-9.
- Musich D. R., Ackermann J. L. (1973): The catenometer: A reliable device for estimating dental arch perimeter. *Am J Orthod.*, Vol. 63, 4: 366-375.
- Nance N. H. (1949a): The limitations of orthodontic treatment. I. Mixed dentition diagnosis and treatment. *Am J Orthod Oral Surg.* 33: 177-223.
- Nance N. H. (1949b): The limitations of orthodontic treatment. II. Diagnosis and treatment in the permanent dentition. *Am J Orthod Oral Surg.* 33: 253-301.
- Nummikoski P., Prihoda T., Langlais R. P., McDavid W. D., Welander U., Tronje G. (1988): Dental and mandibular arch widths in three ethnic groups in Texas: A radiographic study. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 65: 609-17.
- Owen A. H. (1983): Morphologic changes in the transverse dimension using the Fränkel appliance. *Am J Orthod.* 83: 200-17.
- Proffit W. R., Fields H. W. Jr. (1986): *Contemporary Orthodontics.* C. V. Mosby, St. Louis
- Regli C. P., Kelly E. K. (1967): The phenomenon of decreased mandibular arch width in opening movements. *J Prosthet Dent.* 17: 49-53.
- Riedel R. A. (1960): A review of the retention problem. *Angle Orthod.* 30: 179-94.
- Schulhof R. J., Lestrel P. E., Walters R., Schuler R. (1978): The mandibular dental arch. Part III: Buccal expansion. *Angle Orthod.* 48: 303-10.

## Literaturverzeichnis

- Scott J. H. (1957): The shape of the dental arches. *J. D. Res.*, 36: 996-1003.
- Shapiro P. A. (1974): Mandibular dental arch form and dimension. Treatment and postretention changes. *Am J Orthod.* 66: 58-70.
- Sharma P. S., Brown R. V. (1967): The arch-length of the mixed dentition. An aid to diagnosis. *Br Dent J.* 123: 98-102.
- Sondhi A., Cleall J. F., Begole E. A. (1980): Dimensional Changes in the dental arches of orthodontically treated cases. *Am J Orthod.* 77: 60-74.
- Steadman S. R. (1961): Changes of intermolar and intercuspid distances following orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 31: 207-15.
- Sillman J. H. (1964): Dimensional changes of the dental arches: longitudinal study from birth to 25 years. *Am J Orthod.* 50: 824-42.
- Strang R. H. (1949): The fallacy of denture expansion as a treatment procedure. *Angle Orthod.* 19:12-22.
- Tecco S., Festa F., Caputi S., Traini T., Di Iorio D., D'Attilio M. (2005): Friction of conventional and self-ligating brackets using a 10 bracket model. *Angle Orthod.* 75 (6): 1041-5.
- Tillmann B. (1997): *Farbatlas der Anatomie Zahnmedizin – Humanmedizin.* Thieme.
- van der Linden F. P., Boersma H. (1988): *Diagnose und Behandlungsplanung in der Kieferorthopädie.* Quintessenz Verlag, Berlin.
- Walter D. C. (1962): Comparative changes in mandibular canine and first molar widths. *Angle Orthod.* 32: 232-41.

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. G. R. Göz für die Überlassung des Themas, seine hervorragende und kontinuierliche Betreuung, seine Geduld und die Abfassung des ersten Gutachtens danken.

Ich danke Frau Dr. M.-S. Bechtold, Herrn Dr. R. A. Dux, Frau Dr. F. Hartung, sowie Herrn Dr. G. Hück für die Bereitstellung des untersuchten Materials und die herzliche Unterstützung meiner Arbeit.

Nicht zuletzt danke ich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung Frau Dipl.-Math. U. Schulz.

Meiner Familie und den zahlreichen Freunden, die mir bei Problemen stets zur Seite standen, gilt mein persönlicher Dank.



# Lebenslauf

**Till Edward Bechtold**

geboren am 01.02.1980  
in Mainz

Eltern:

Dr. Moon-Sook Bechtold, Kieferorthopädin

Dr. Hans Michael Bechtold, Dermatologe

**Abitur, Theresianum Mainz**

Juni 1999

**Wehrdienst**

in Mittenwald

Juli 1999 bis

April 2000

**Eberhard Karls Universität Tübingen**

Aufnahme des Studiums der Zahnheilkunde

Oktober 2000

Naturwissenschaftliche Vorprüfung

Oktober 2001

Zahnärztliche Vorprüfung

Juni 2003

Zahnärztliche Prüfung

27. November 2006

**Approbation als Zahnarzt**

Dezember 2006

**Assistenzarzt**

am Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
des Universitätsklinikums Tübingen /

Abteilung für Kieferorthopädie

seit Januar 2007