

Aus der Klinik für Kieferorthopädie,  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor: Univ.-Prof. Dr. Jörg Lisson

**Die forcierte Gaumennahterweiterung -  
klinischer Vergleich zweier Systeme**

Eine kontrollierte kephalometrische Longitudinalstudie

***Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der  
Zahnheilkunde***

**der Medizinischen Fakultät  
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES**

2008

vorgelegt von Daniel Martin Haßdenteufel

geboren am 03.04.1982 in Neunkirchen/Saar



## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	5
1.1 Summary.....	6
2. Einleitung.....	7
2.1 Einführung und Fragestellung.....	7
2.2 Anatomische Grundlagen.....	8
2.2.1 Anatomie des Oberkiefers.....	8
2.2.2 Entwicklung und Wachstum des Oberkiefers.....	9
2.2.2.1 Oberkieferentwicklung.....	9
2.2.2.2 Wachstumstheorien .....	9
2.2.2.3 Postnatales Oberkieferwachstum.....	10
2.2.3 Veränderungen der Sutura palatina mediana.....	12
2.2.4 Der Kreuzbiss.....	13
2.3 Die Gaumennahterweiterung.....	15
2.3.1 Indikation.....	15
2.3.1.1 Transversale Unterentwicklung der Maxilla.....	15
2.3.1.2 Verbesserung der Nasenatmung.....	16
2.3.1.3 Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.....	16
2.3.1.4 Maxilläre Retrognathie.....	17
2.3.1.5 Behandlungszeitpunkt.....	17
2.3.1.6 Gaumennahterweiterung bei Erwachsenen / chirurgisch unterstützt.....	18
2.3.2 Biomechanik.....	18
2.3.2.1 Kurzfristige Ergebnisse.....	20
2.3.2.2 Langfristige Ergebnisse / Rezidiv.....	21
2.3.2.3 Remineralisation nach Gaumennahterweiterung.....	22
2.3.2.4 Nebenwirkungen / Komplikationen.....	22
2.3.3 Konstruktion und Handhabung.....	22
2.3.3.1 Geschichte.....	22
2.3.3.2 Gaumennahterweiterungsapparaturen.....	23
2.3.3.3 Therapeutisches Vorgehen.....	24
2.4 Das Fernröntgenseitenbild.....	25
2.4.1 Grundlagen.....	25

---

2.4.2	Effekte der Gaumennahterweiterung.....	27
2.4.2.1	Kurzfristige Effekte.....	27
2.4.2.2	Langfristige Effekte.....	27
3.	Material und Methode.....	28
3.1	Patienten.....	28
3.2	Apparatur.....	30
3.3	Therapeutisches Vorgehen.....	31
3.4	Röntgenaufnahmen.....	31
3.5	Beschreibung der kephalometrischen Analyse.....	32
3.5.1	Messpunkte.....	32
3.5.2	Bezugslinien.....	35
3.5.3	Sagittale Messungen.....	37
3.5.4	Vertikale Messungen.....	38
3.6	Fehleranalyse.....	40
3.7	Statistische Auswertung.....	41
4.	Ergebnisse.....	42
4.1	Fehleranalyse.....	42
4.2	Prüfung auf Normalverteilung.....	42
4.3	Einfaktorielle Varianzanalyse.....	42
4.3.1	Sagittale Messungen.....	42
4.3.2	Vertikale Messungen.....	48
4.4	Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse.....	57
5.	Diskussion.....	58
5.1	Material.....	58
5.2	Methode.....	59
5.3	Fehleranalyse.....	60
5.4	Ergebnisse.....	61
5.4.1	Sagittale Messungen.....	61
5.4.2	Vertikale Messungen.....	63
5.5	Schlussfolgerungen.....	64
6.	Literaturverzeichnis.....	66
7.	Publikationen.....	77
8.	Dank.....	78
9.	Lebenslauf.....	79

## 1. Zusammenfassung

Die vorliegende retrospektive Studie sollte klären, welche Effekte der Gaumennahterweiterung (GNE) mittelfristig, d.h. bis zu einem Jahr nach Ende der Retention, bei Patienten mit unilateralem Kreuzbiss in der Wechselgebissphase im Fernröntgenseitenbild (FRS) nachweisbar sind. Weiterhin sollte untersucht werden, ob bzw. in welchem Ausmaß Unterschiede zwischen Apparaturen, die über zwei und solchen, die über vier Bänder befestigt werden, bestehen.

Das Untersuchungsgut bestand aus je zwei Fernröntgenseitenbildern von Patienten mit einseitigem Kreuzbiss im Wechselgebiss. Es erfolgte eine Aufteilung in 2 Gruppen. 19 Patienten bildeten die Gruppe "2 Bänder". Sie waren mit einer über zwei Bänder an den ersten Molaren befestigten GNE-Apparatur behandelt worden. Die Gruppe "4 Bänder" bestand dagegen aus 21 Patienten, die mit einer über vier Bänder an den ersten Prämolaren und den ersten Molaren befestigten Apparatur behandelt worden waren. Die verwendeten Aufnahmen waren vor der Behandlung und spätestens ein Jahr nach Ende der Retentionsphase angefertigt worden. Zur Sichtbarmachung von Wachstumseinflüssen während des Untersuchungszeitraumes wurden außerdem je zwei FRS von 21 unbehandelten Patienten ausgewertet, die die Kontrollgruppe bildeten. Mit den aus der FRS-Analyse gewonnenen Daten erfolgte nach Überprüfung der Normalverteilung die statistische Auswertung durch eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA). Einerseits wurden Unterschiede zwischen den Gruppen zum ersten Untersuchungszeitpunkt, andererseits die Unterschiede der Änderungen im Beobachtungszeitraum untersucht.

Zum ersten Untersuchungszeitpunkt trat für keine Variable ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den behandelten Gruppen auf. Diese zeigten aber Unterschiede zur Kontrollgruppe. Gleiches galt für die Änderungen während des Untersuchungszeitraumes. So ergab sich zwischen dem ersten und zweiten FRS in der Gruppe "2 Bänder" eine signifikante Vergrößerung des ANB-Winkels und eine hoch signifikante Verringerung des Verhältnisses S-Go/N-Me gegenüber der Kontrollgruppe. In der Gruppe "4 Bänder" kam es zu einer signifikant schwächeren Vergrößerung von ML-CpMUK und S-Go/N-Me sowie einer hoch signifikant schwächeren Verlängerung von ML-Spp als in der Kontrollgruppe. Die Unterschiede betragen jedoch alle weniger als 1,3 Einheiten.

## 1.1 *Summary*

### **Rapid maxillary expansion - clinical comparison of two systems**

The presented retrospective study will clarify which mid-term effects of rapid maxillary expansion (RME) - i.e. up to one year post-retention - can be verified in lateral cephalograms of patients with unilateral crossbites in the mixed dentitions. Furthermore, it will be tested, if respectively to what extent there are differences between appliances fixed by two and those fixed by four bands.

The test specimens consisted of two lateral cephalograms per patient with a unilateral crossbite in the mixed dentition. They were divided into two groups. 19 patients formed the group "2 bands". They had been treated with appliances fixed by two bands at the first molars. In contrast, the group "4 bands" consisted of 21 patients who had been treated with appliances fixed by four bands at the first premolars and the first molars. The x-rays used had been taken before treatment and not later than one year after the end of the retention period. To clarify the influence of growth during the evaluation, two lateral cephalograms of each of 21 untreated patients who formed the control group were additionally evaluated. The data provided by the analysis of the lateral cephalograms was statistically evaluated using ANOVA after checking the normal distribution. On the one hand, differences between groups at the first time of assessment, on the other hand, differences of the changes during the evaluation were tested.

At the first time of assessment there was no statistically significant difference between the treated groups for any variable. However, these groups showed differences to the control group. Changes during the evaluation applied accordingly. Thus, between the first and the second lateral cephalogram in the "2 bands"-group there was a significant increase of the ANB-angle and a highly significant reduction of the S-Go/N-Me-relation in comparison to the control group. In the "4 bands"-group a significantly lower increase of ML-CpMUK and S-Go/N-Me as well as a highly significant lower increase of ML-Spp than in the control group occurred. However, all differences accounted for less than 1.3 units.

## 2. Einleitung

### 2.1 *Einführung und Fragestellung*

Die Gaumennahterweiterung (GNE) ist eine schon seit dem 19. Jahrhundert bekannte Methode zur transversalen Erweiterung des Oberkiefers. Dabei hat sie die Fähigkeit zur skelettalen Expansion, die vor allem durch eine Öffnung der Sutura palatina mediana imponiert. Außerdem hat sie Effekte in der Sagittalebene, die im - bei kieferorthopädischen Befunden standardmäßig angefertigten - Fernröntgenseitenbild (FRS) zu beobachten sind. Die GNE ist weit verbreitet und wird routinemäßig angewendet. Es bestehen jedoch keine einheitlichen, allgemein akzeptierten Behandlungsmodalitäten. So befindet sich der klassische Behandlungszeitpunkt im späten Wechselgebiss oder im Gebiss der zweiten Dentition. Zur besseren Beeinflussung der skelettalen Strukturen und Reduzierung der dentalen Nebenwirkungen wird aber teilweise die Behandlung im Gebiss der ersten Dentition oder im frühen Wechselgebiss befürwortet. Auch die Gestaltung der GNE-Apparatur unterlag im Laufe der Jahre vielen Änderungen. Heute verwendet man hauptsächlich Hyraxschrauben, die über vier Bänder an den ersten Prämolaren und den ersten Molaren befestigt sind. Es werden aber Modifikationen dieser Apparatur beschrieben, die lediglich über die Sechsjahrmolaren verankert werden. Diese bieten neben dem Vorteil der einfacheren Herstellung eine bessere Hygienefähigkeit.

Erlauben diese modifizierten Apparaturen aber eine transversale Erweiterung ohne unerwünschte Nebenwirkungen in der Sagittalen und Vertikalen? Bestehen in diesen Dimensionen Unterschiede zwischen den verschiedenen Behandlungsmodalitäten?

In der Literatur finden sich Untersuchungen zu kurzfristigen Wirkungen der 2-Band-Apparatur im FRS und solche, die sich mit Unterschieden zwischen 2- und 4-Band-Apparatur in der Transversalen beschäftigen. Publikationen über einen Vergleich in der Sagittalen und der Vertikalen existieren aber nicht.

Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, welche Effekte der GNE mittelfristig, d.h. bis zu einem Jahr nach Ende der Retention, im FRS nachweisbar sind und ob bzw. in welchem Ausmaß Unterschiede zwischen Apparaturen, die über zwei, und solchen, die über vier Bänder befestigt werden, bestehen. Hierbei sollten Patienten mit einseitigem Kreuzbiss im Wechselgebiss untersucht und Wachstumseinflüsse berücksichtigt werden.

## 2.2 Anatomische Grundlagen

### 2.2.1 Anatomie des Oberkiefers

Die Maxilla (Oberkiefer) ist paarig angelegt und besteht aus dem Corpus und den von ihm ausgehenden Fortsätzen Processus frontalis, zygomaticus, palatinus und alveolaris. Dorsal liegt das Os palatinum (Gaumenbein) . Es setzt sich aus der Lamina horizontalis und der Lamina perpendicularis zusammen und ist wie die Maxilla paarig angelegt.

Die knöcherne Grundlage des harten Gaumens bilden der Processus palatinus der Maxilla und die Lamina horizontalis des Os palatinum. Diese Knochenanteile werden kreuzförmig durch die Sutura palatina mediana und die Sutura palatina transversa verbunden. Der weiche Gaumen liegt posterior des harten Gaumens. Als Grundlage dient die Aponeurosis palatina.

Die Maxilla wird weiterhin von folgenden Knochen umgeben: Os ethmoidale, Os frontale, Os nasale, Concha nasalis inferior, Os zygomaticum, Os sphenoidale, Os lacrimale, Vomer und Os temporale.

Weil die Oberkieferregion aus verschiedenen Komponenten aufgebaut ist und in enger Beziehung zu Nasen-, Kiefer- und Augenhöhlen steht, wäre laut STÖCKLI [100] "die Bezeichnung Oberkieferkomplex oder orbito-naso-maxillärer Komplex zutreffender". Auch MIETHKE [79] spricht vom "nasomaxillären Komplex".



Abb. 1: Okklusalanzeige der Maxilla am Schädelpräparat



## **2.2.2 Entwicklung und Wachstum des Oberkiefers**

### **2.2.2.1 Oberkieferentwicklung**

Im Gesicht eines fünf Wochen alten Embryos sind bereits verschiedene Gesichtswülste zu erkennen: ein medianer Stirnwulst mit paarigen medialen und lateralen Nasenwülsten, kaudal davon die paarigen Ober- und Unterkieferwülste.

Die Oberkieferwülste schieben sich unter die lateralen Nasenwülste, mit denen sie gemeinsam auf die medialen Nasenwülste zuwachsen und sich mit diesen unter Auflösung der Epithelbarriere verbinden. Durch Verschmelzung der medialen Nasenwülste entsteht im anterioren Teil der Mundhöhle der primäre Gaumen. Aus ihm bilden sich die Philtrumregion und der Kieferkamm bis zum Foramen incisivum.

Zu Beginn der siebten Woche verlagert sich die Zunge, die sich bis dahin in die gemeinsame Mund-Nasenhöhle erstreckte, nach kaudoventral. Die aus den Oberkieferwülsten stammenden Gaumenfortsätze richten sich in der achten Woche innerhalb weniger Stunden aus der Vertikalen in die Horizontale auf und verbinden sich untereinander und mit dem Nasenseptum, wodurch der sekundäre Gaumen gebildet wird, aus dem der harte und der weiche Gaumen entstehen. Die Verbindung beginnt im anterioren Drittel, von wo aus sie nach anterior zum primären Gaumen und nach posterior fortschreitet. Somit ist die Trennung von Mund- und Nasenhöhle vollzogen. Die Verknöcherung im Bereich des späteren harten Gaumens beginnt in der 8. Woche.

Im weiteren Verlauf der pränatalen Entwicklung dominiert die Breitenzunahme des Oberkiefers dessen Längenzunahme. So entsteht aus der frühfetalen spitzbogigen eine pränatale breitbogige Oberkieferform [97, 79].

### **2.2.2.2 Wachstumstheorien**

Die Größenzunahme knöcherner Strukturen kann nur von der Knochenoberfläche, also von Suturen, Synchondrosen und periostbedeckten Oberflächen, aus erfolgen. Zwar finden innerhalb des Knochens Umbauvorgänge statt, die der Anpassung an die Knochenbelastung dienen, es gibt aber kein interstitielles Knochenwachstum. Umstritten ist, ob der Knochen direkt unter dem Einfluss von Wachstumshormonen oder als Folge des Weichgewebewachstums und -zuges an seinen Oberflächen wächst. Folgende Theorien werden nach dem Motor des Wachstums unterschieden [79]:

### **Klassische Wachstumstheorie**

Die klassische Wachstumstheorie geht vom Primat von Knochen und Knorpel beim Wachstum aus, Wachstumshormone wirken also primär auf diese Strukturen. Den größten Beitrag leisten hierbei Knorpelzellen mit hoher Teilungsrage, die sich in den Synchronrosen befinden, weswegen diese auch als "growth centers" bezeichnet werden. Sie werden in ihrer Aktivität von den Suturen, den "growth sites", gefolgt. Das appositionelle Knochenwachstum an periostbedeckten Oberflächen ("growth fields") bewirkt hingegen nur eine geringe Größenzunahme.

Das Wachstum des Weichgewebes wird in dieser Theorie als Folge des Knochen-Knorpelwachstums verstanden [79].

### **Theorie der funktionellen Matrix**

Die Theorie der funktionellen Matrix vertritt eine der klassischen Wachstumstheorie entgegengesetzte Auffassung. Sie basiert auf den Veröffentlichungen von MOSS [80] und besagt, dass primär das Bindegewebe wächst und das Wachstum von Knochen-, Knorpel- und Sehngewebe Folgen davon sind. Dabei stellen die physiologischen Funktionen, also Atmen, Sprechen, Abbeißen, Kauen, Schlucken etc. den Wachstumsauslöser dar.

Die funktionelle Matrix besteht aus dem das Hartgewebe formenden Weichgewebe und unterteilt sich in eine periostale und eine kapsuläre Matrix, wobei erstere über einen Periostrug mikroskelettale Einheiten beeinflusst. Letztere stimuliert hingegen makroskopische Einheiten. In funktionellen Hohlräumen befindliche Weichgewebe spielen hier eine wichtige Rolle. Während Wachstum und Transformation knöcherner Strukturen Folge der periostalen Matrix sind, bewirkt die kapsuläre Matrix Translation [79, 80].

### **Theorie der simultanen Wachstumssteuerung**

Die Theorie der simultanen Wachstumssteuerung stellt einen Kompromiss der beiden schon genannten Wachstumstheorien dar. Sie geht weder vom Primat des Hart-, noch des Weichgewebes aus, sondern versteht Wachstum als ein aufeinander abgestimmtes Zusammenspiel dieser Gewebe, in dem das primäre Wachstum je nach Schädelanteil und Zeitpunkt von der funktionellen Matrix oder den Hartgeweben selbst ausgeht [79].

#### **2.2.2.3 Postnatales Oberkieferwachstum**

Beim Neugeborenen ist das Viszero- im Vergleich zum Neurokranium nur wenig entwickelt. Ein deutliches Wachstum des Gesichtsschädels findet ab dem Durchbruch der

ersten Dentition statt und hält bis zum Erwachsenenalter an. Der Hirnschädel ist dagegen im Alter von ca. acht Jahren nahezu ausgewachsen. Deshalb verringert sich das Größenverhältnis von Neuro- zu Viszerokranium von 8:1 beim Neugeborenen auf 2,5:1 beim Erwachsenen, was zu einer deutlichen Änderung der Gesichtsphysiognomie führt [79].

Die Schädelbasis stellt das Bindeglied zwischen den beiden Schädelanteilen dar und bildet den dorsokraniellen Abschluss des nasomaxillären Komplexes. Somit beeinflusst ihr Wachstum auch dessen Lage. Durch endokranielle Resorption und ektokranielle Apposition verlagert sich die Schädelbasis und mit ihr der nasomaxilläre Komplex nach ventrokaudal. Während die meisten Synchronosen zum Zeitpunkt der Geburt bereits in Suturen umgewandelt sind, verknöchert die Synchronosis sphenoccipitalis erst in der Pubertät. Aufgrund ihrer hohen Wachstumsaktivität ("growth center", siehe klassische Wachstumstheorie) spielt diese Synchronose eine entscheidende Rolle für das Schädelbasiswachstum [79].

Der Oberkieferkomplex erfährt während des Wachstums eine Verlagerung nach ventrokaudal. Diese basiert zum einen auf lokalen Wachstumsvorgängen, die vorwiegend nach dorsokranial gerichtet sind, und eine primäre Verlagerung (primäres Displacement) in die entgegengesetzte Richtung nach sich ziehen. Zum anderen bewirken die besprochenen Wachstumsvorgänge der benachbarten Schädelbasis eine sekundäre Verlagerung (sekundäres Displacement) des Oberkieferkomplexes [79, 100].

Während pränatal im zahntragenden Anteil des Oberkiefers das Breitenwachstum dominiert, findet hier postnatal vorwiegend Längenwachstum statt. Dies geschieht durch Knochenapposition im Bereich der Tubera maxillae bzw. am Hinterrand der Ossa palatina nach dorsal und durch suturales Wachstum in der Sutura palatina transversa. Hierdurch wird die erforderliche Alveolarfortsatzlänge für die Zuwachszähne geschaffen. Die Processus zygomatici vergrößern durch Apposition nach dorsal ihre Basis und halten ihre Beziehung zum Kauzentrum, das durch die Molaren der zweiten Dentition nach dorsal wandert, aufrecht [100].

Vertikalwachstum findet durch orale Apposition und nasale Resorption im Gaumen- und Alveolarfortsatzbereich statt [13, 14]. Weil das Alveolarfortsatzwachstum die Kaudalverlagerung des Gaumens aber deutlich übertrifft, kommt es zu einer Vertiefung des Gaumengewölbes [100]. Aufgrund des in der Frontalebene V-förmigen Wachstums des Alveolarfortsatzes kommt es weiterhin zu einer Zunahme der transversalen Dimension [35].

Wechselnde Appositions- und Resorptionsvorgänge an den Außenflächen des

Alveolarfortsatzes dienen hauptsächlich der Formerhaltung. Knochenapposition nach kranial am Orbitaboden gleicht einen Teil der Kaudalverlagerung des Oberkiefers und somit des Orbitainhaltes aus. Die genannten Wachstumsvorgänge schaffen Platz für eine Expansion der Sinus maxillares und der Nasenhöhle durch resorptive Vorgänge an den Innenflächen der Maxilla [100].

Die Sutura palatina mediana leistet einen erheblichen Beitrag zum transversalen Gaumenwachstum, welches hier ungefähr bis zum 17. Lebensjahr anhält.

BJÖRK und SKIELLER [15, 100] konnten in Implantatstudien eine Breitenzunahme zwischen den Processus zygomatici auf Höhe der ersten Molaren von durchschnittlich 5 mm vom 7. bis zum 20. Lebensjahr nachweisen. Im selben Zeitraum vergrößerte sich die Distanz zwischen den ersten Molaren selbst jedoch nur um 2 mm, was für eine Aufrichtung der Molaren nach palatinal spricht.

Zwischen dem 11. und dem 20. Lebensjahr betrug die Breitenzunahme auf Höhe der Spina nasalis anterior 0,9 mm, die zwischen den Processus zygomatici hingegen 2,8 mm. Die beiden Maxillahälften rotieren also in der Horizontalebene, woraus eine Verkürzung der Maxilla in der Mediansagittalebene und eine Anteriorverlagerung der Molaren resultiert [15, 100].

KORN und BAUMRIND [64] konnten diese Rotation in eigenen Implantatstudien bei Patienten zwischen 8,5 und 15,5 Jahren bestätigen. Sie bezifferten das jährliche transversale Wachstum im Bereich der Schneidezähne auf 0,14 mm, das im Bereich der Processus zygomatici auf 0,42 mm, wobei die Wachstumsraten über die Jahre konstant blieben.

### **2.2.3 Veränderungen der Sutura palatina mediana**

Die Sutura palatina mediana unterliegt altersabhängigen Veränderungen. Nach MELSEN [77] ist sie im frühen Kindesalter sehr breit und Y-förmig, das Vomer liegt in einer V-förmigen Vertiefung zwischen den beiden Maxillahälften. Beim Jugendlichen wird der Verlauf der Sutura gewundener und es bilden sich ausgeprägte Verzahnungen aus, die schließlich so stark werden, dass eine Trennung der Maxillahälften ohne Fraktur der Verzahnungen nicht möglich erscheint.

Die Sutura palatina mediana zeigt im Erwachsenenalter eine zunehmende Obliterationstendenz. Die Verknöcherung schreitet von posterior nach anterior fort, ist aber insgesamt nur schwach ausgeprägt. Beginn und Fortschritt der Obliteration unterliegen

starken interindividuellen Schwankungen. So fanden PERSSON und THILANDER [84] bei der histologischen Untersuchung der Gaumenpräparate von 24 Individuen die früheste Verknöcherung bei einer 15-jährigen, die älteste Person ohne beobachtete Verknöcherung war eine 27-jährige Frau.

KNAUP [62] et al. konnten an Gaumenpräparaten von Individuen im Alter von 26-63 Jahren im Mittel Knochenbrücken auf nur 3,11% der Suturlänge feststellen, die mittlere suturale Breite verringerte sich im Vergleich zu jüngeren Individuen nur wenig. Sie folgerten, dass die erhöhte Resistenz gegenüber der transversalen Expansion bei erwachsenen Patienten wahrscheinlich auf andere Faktoren wie ausgeprägte suturale Interdigitationen oder erhöhte Knochenrigidität zurückzuführen sei.

WEHRBEIN und YILDIZHAN [107] zogen die gleichen Schlussfolgerungen, als sie Oberkieferaufbissaufnahmen mit den zugehörigen histologischen Befunden von jungen Erwachsenen verglichen. Sie stellten fest, dass eine radiologisch nicht sichtbare Sutura palatina mediana nicht gleichbedeutend mit einer obliterierten Sutura ist. Ursachen könnten auch Interdigitationen, ein Unterschied von Suturaverlauf und Strahlengang oder andere in diese Region projizierende Strukturen, wie zum Beispiel das Vomer, sein.

#### **2.2.4 Der Kreuzbiss**

Der Begriff "Kreuzbiss" ist eine Sammelbezeichnung für transversale Anomalien der Okklusion im Seitenzahnbereich [66]. Oft wird "Kreuzbiss" vereinfachend als Synonym für die "gekreuzte Okklusion", bei der die bukkalen Höcker der Oberkieferseitenzähne mit den Zentralfissuren der Unterkieferseitenzähne zusammentreffen, benutzt.

Als ätiologische Faktoren werden unter anderem Vererbung, Lutschhabits, eine behinderte Nasenatmung, Engstände und Störungen des Zahnwechsels genannt [85, 1].

Die Prävalenz von Kreuzbissen liegt je nach Bevölkerungsgruppe und Alter der untersuchten Patienten bei 4% bis 23%. Sie sind im Gebiss der ersten Dentition häufiger als im Wechselgebiss und im Gebiss der zweiten Dentition, womit die Möglichkeit einer Spontankorrektur besteht. [102] Meistens besteht die Anomalie aber bei den Seitenzähnen der zweiten Dentition fort [85, 66].

Kreuzbisse können rein dentoalveolär durch eine nach palatinal abweichende Achsenstellung der Oberkiefer- und eine nach bukkal abweichende der Unterkieferseitenzähne bedingt sein. Meist liegt ihnen aber ein skelettales Problem, also

ein Missverhältnis der transversalen Dimension von Maxilla und Mandibula, zu Grunde. Dann sind die Seitenzähne im Oberkiefer kompensatorisch nach bukkal, die im Unterkiefer nach lingual geneigt.

Kreuzbisse können uni- oder bilateral auftreten. Man unterscheidet zwischen einem echten unilateralen Kreuzbiss mit Übereinstimmung der Kiefermitten und dem weitaus häufiger vorkommenden unilateralen Kreuzbiss mit Lateralverschiebung der Mandibula. Letzterer ist meistens auf eine bilateral verengte Maxilla zurückzuführen. Bei einer starken maxillären Konstriktion kommt es zu einem bilateralen Kreuzbiss ohne Lateralverschiebung der Mandibula [109, 66].

Charakteristisch für einseitige Kreuzbisse ist eine Asymmetrie der Zahnbögen. Die bei ca. 80% der einseitigen Kreuzbisse vorhandene Zwangsführung des Unterkiefers nach lateral führt zu Spannungen innerhalb der Kiefergelenke und einer ungleichmäßigen Muskelaktivität. Es kommt dadurch zu Adaptationsvorgängen in den Kiefergelenken, die eine kraniofaziale Asymmetrie nach sich ziehen können. Das Risiko, Symptome einer kranio-mandibulären Dysfunktion zu entwickeln, ist erhöht [102, 85].

Deshalb wird eine frühe Therapie im Gebiss der ersten Dentition oder im frühen Wechselgebiss empfohlen. Diese soll das Durchbrechen der Seitenzähne der zweiten Dentition in eine transversale Neutralokklusion ermöglichen und eine Zwangsführung des Unterkiefers ausschalten [102, 85].

Die Therapie besteht aus selektivem Beschleifen von Zähnen der ersten Dentition oder einer transversalen Erweiterung des oberen Zahnbogens mittels Plattenapparatur, Quadhelix oder Gaumennahterweiterung [85].

FREVERT-BOELKE [37] fasst die typische Physiognomie der von einer hypoplastischen Oberkieferbasis betroffenen Patienten unter dem Begriff "V-Typ" zusammen, womit sie unter anderem auf den steilen Gaumen, den engen Zahnbogen und den spitz zulaufenden Nasenrücken anspielt. Auch ist laut DERICH-SWEILER [30] die Kompression der Maxilla mit einem steilen bzw. hohen Gaumen verbunden. Als konstantes Begleitsymptom fällt die behinderte Nasenatmung oder die Mundatmung auf.

Die Mundatmung geht mit einer kaudalen Ruheposition der Zunge und einer habituellen Kaudalverlagerung der Mandibula einher. Dadurch wird das Gleichgewicht zwischen innerem und äußeren Funktionskreis gestört. Die Spannung der perioralen Weichgewebe

im Wangenbereich steigt an, der wachstumsstimulierende Reiz der Zunge auf die Maxilla entfällt. Es entsteht eine Kompression im Molaren- und Prämolarenbereich. Der offene Mund und der fehlende Lippendruck begünstigen eine Protrusion der Frontzähne [59, 16].

## **2.3 Die Gaumennahterweiterung**

### **2.3.1 Indikation**

#### **2.3.1.1 Transversale Unterentwicklung der Maxilla**

Die Behandlung der bilateral verengten apikalen Oberkieferbasis und des mit ihr einhergehenden ein- oder beiderseitigen Kreuzbisses ist die Hauptindikation der GNE [37, 109, 45, 33]. Zur Kompensation der engen Basis sind die Oberkieferseitenzähne häufig nach bukkal geneigt [59]. Dabei wird durch die GNE eine Verbreiterung dieser Basis und keine bloße Erweiterung des Oberkieferzahnbogens durch eine weitere Bukkalkippung der Seitenzähne angestrebt.

WERTZ [109] betont die Bilateralität der Verengung als Indikationskriterium, da die hier bei Vergesellschaftung mit einem einseitigen Kreuzbiss vorliegende Kiefermittenabweichung durch die gleichmäßige Oberkiefererweiterung korrigiert werden kann. Ist der einseitige Kreuzbiss jedoch mit einer einseitigen Verengung der Maxilla kombiniert, kann bei Expansion mittels GNE eine Seitabweichung der Mandibula resultieren.

Nach HAAS [45] ist das oberste Ziel der Gaumennahterweiterung die Schaffung eines günstigeren Verhältnisses von Ober- zu Unterkieferbasis. Die GNE ist also auch bei einer relativen Unterentwicklung der Maxilla indiziert, bei der der Oberkiefer im Vergleich zum Mittelgesicht normal ausgebildet, die Mandibula aber überproportional groß ist.

Die transversale Unterentwicklung der Maxilla ist auch das einzige Indikationskriterium, das nach KORBMACHER et al. [63] von der Mehrzahl praktizierender deutscher Kieferorthopäden in einer Umfrage genannt wurde, wobei im Median eine Unterentwicklung von mindestens 5 mm angegeben wurde.

Der bei einem Kreuzbiss oft schmal ausgebildete Oberkieferzahnbogen ist mit Engständen verbunden, vor allem im Bereich der Eckzähne. Durch die GNE kann Platz im

Oberkieferzahnbogen geschaffen werden, wodurch eventuell Extraktionen vermieden werden können [59, 41, 39].

Keine Indikation für eine GNE sieht GIANELLY [41] bei Nichtvorhandensein eines Kreuzbisses zur Auflösung moderater Engstände, weil zwar im Oberkieferzahnbogen ausreichend Platz geschaffen werden kann, die nachfolgende spontane Erweiterung des Unterkiefers aber zu gering ausfällt und eine aktive Vergrößerung des interkaninen Abstandes im Unterkiefer instabil wäre. Weiterhin sieht er keine Indikation in der Behandlung einer Angle-Klasse II/1 mittels GNE, um im Sinne des Pantoffelvergleichs eine Vorverlagerung der Mandibula zu erreichen.

### **2.3.1.2 Verbesserung der Nasenatmung**

Die Vergrößerung der Nasenhöhle bei vorliegender chronischer Einschränkung der Nasenatmung ist ein weitere Indikation [9].

DERICHSWEILER [30] gibt an, dass durch die Gaumennahterweiterung die Nasenhöhle verbreitert, Gaumendach und Nasenboden gesenkt und eine unphysiologische Septumdeviation begradigt werden können. Hypertrophische Muscheln und Adenoide können sich spontan zurückbilden und die Mund- zur Nasenatmung umgestellt werden [29].

Die Größenzunahme der Nasenhöhle durch die GNE findet hauptsächlich im antero-inferioren Teil statt, sodass die Lokalisation der Stenose laut WERTZ [108] ein wichtiges Indikationskriterium ist. Außerdem sieht er die GNE aufgrund nasaler Probleme nur dann als indiziert an, wenn sie mit einer transversalen Unterentwicklung der Maxilla kombiniert ist.

Zusätzliche oto-rhinologische Effekte werden in der Literatur genannt. So wird von therapeutischen Erfolgen bei jugendlichen Patienten mit maxillärer Konstriktion und Schallleitungsstörungen berichtet [101], es konnte jedoch teilweise keine langfristige Verbesserung des Hörvermögens erreicht werden [20]. Auch nächtliches Schnarchen kann therapiert werden [96].

Als weiterer Effekt wird eine kurzzeitige Verminderung nächtlichen Bettnässens beschrieben [105].

### **2.3.1.3 Lippen-Kiefer-Gaumenspalten**

GNE-Apparaturen werden auch bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten



angewendet, um die knöchernen Spaltbereiche zu erweitern. Diese Patienten leiden an Defiziten der transversalen Dimension der Maxilla, die z.B. auf den Narbenzug nach dem operativen Spaltverschluss zurückzuführen sind [19, 83].

#### **2.3.1.4 Maxilläre Retrognathie**

Durch die transversale Erweiterung kann die Maxilla in sagittaler Richtung leichter mobilisiert werden. Deshalb wird die Gaumennahterweiterung auch bei maxillärer Retrognathie eingesetzt [42]. BIEDERMANN [11] berichtete 1973 von zwei Fällen, bei denen eine Spontankorrektur einer umgekehrten Frontzahnstufe nach Gaumennahterweiterung stattfand. Zur Vorverlagerung des Oberkiefers wird die GNE aber vor allem mit einer Gesichtsmaske kombiniert. Die besten Ergebnisse werden hier bei einer Behandlung im Gebiss der ersten Dentition oder im frühen Wechselgebiss erzielt, wodurch wachstumshemmende Faktoren, wie zum Beispiel eine umgekehrte sagittale Frontzahnstufe, beseitigt werden können. Die gewünschten Effekte sind fast ausschließlich skelettaler und nicht dentoalveolärer Natur. Sie bleiben auch über das pubertäre Wachstumsmaximum hinaus stabil [111, 36].

Eine Möglichkeit zur vereinfachten Vorverlagerung der Maxilla, die von deren transversaler Erweiterung unabhängig ist, stellt die von LIOU und TSAI [73, 72] beschriebene "abwechselnde rasche Expansion und Konstriktion der Maxilla" (Alt-RAMEC) dar. Hier werden nach mehreren jeweils einwöchigen Expansions- bzw. Konstriktionsphasen intraorale Protraktionsfedern eingesetzt. Mit dieser Methode konnte LIOU [72] bei Spaltpatienten eine stabile und im Vergleich zu der üblichen Kombination von Hyrax-Apparatur und Gesichtsmaske zwei- bis dreifach größere Vorverlagerung erreichen.

#### **2.3.1.5 Behandlungszeitpunkt**

Ursprünglich wurde die Gaumennahterweiterung im späten Wechselgebiss oder im Gebiss der zweiten Dentition bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen durchgeführt [63, 104]. Mit fortschreitendem Alter werden aber Ausmaß und Stabilität der Erweiterung durch die zunehmend rigider werdenden knöchernen Strukturen begrenzt [110, 12]. Zur Maximierung der orthopädischen und Minimierung der orthodontischen Wirkungen wird deshalb der Einsatz im Gebiss der ersten Dentition oder im frühen Wechselgebiss befürwortet [4]. Dadurch kann auch die skelettale Manifestation einer mandibulären Laterognathie besser verhindert werden [102]. Manche Autoren bezweifeln aber die größere skelettale Wirkung einer frühen GNE [90].

### **2.3.1.6 Gaumennahterweiterung bei Erwachsenen / chirurgisch unterstützt**

Bei Erwachsenen ist eine konventionelle Gaumennahterweiterung oft mit Schwierigkeiten verbunden. So können verstärkte dentale Nebenwirkungen, wie z.B. Bukkalkippungen der Ankerzähne, gingivalen Rezessionen oder Wurzelresorptionen [42] sowie neurologische und vaskuläre Komplikationen [71] auftreten. Die Erweiterung kann nicht in gewünschtem Ausmaß möglich bzw. instabil sein, es treten gehäuft Schmerzen auf [48]. Die mit dem Alter zunehmende Knochenrigidität und ausgeprägte suturale Interdigitationen [62, 107] bedingen ausgeprägte Spannungen, die sich nicht auf die Maxilla beschränken, sondern auch tieferliegende Strukturen der Schädelbasis betreffen [53].

Deshalb sollte bei Erwachsenen eine Gaumennahterweiterung durch die chirurgische Schwächung der Kortikalis unterstützt werden. Hierzu wird neben einer bilateralen horizontalen Osteotomie im Gebiet zwischen Alveolarfortsatz und Sutura zygomatico-maxillaris, einer vertikalen Osteotomie kaudal der Apertura piriformis und einer paramedianen Osteotomie im Bereich der Sutura palatina mediana auch eine Trennung der Maxilla vom Os sphenoidale vorgeschlagen [42, 53, 82].

Zur weiteren Minimierung der dentalen Nebenwirkungen kann die GNE-Apparatur durch einen "transpalatinalen Distraktor", der über Osteosyntheseplatten oder orthodontische Implantate direkt an den Alveolarfortsätzen befestigt ist, ersetzt werden [74, 49, 40].

Ein Patientenalter, ab dem eine chirurgische Unterstützung der GNE erfolgen sollte, wird aber in der Literatur nicht eindeutig genannt. Gleiches gilt für diagnostische Kriterien, die schon im Vorfeld die Indikation zur chirurgischen Unterstützung stellen lassen [63].

Die chirurgische Unterstützung bringt jedoch auch Nachteile mit sich. Sie ist mit hohen Kosten, einer erhöhten Morbidität und Operationsrisiken verbunden [48].

Weiterhin wurde von HANDELMAN [48, 47] von einer erfolgreichen konventionellen transversalen Erweiterung der Maxilla mit der GNE-Apparatur nach HAAS bei Erwachsenen berichtet. In allen behandelten Fällen konnte das transversale Defizit korrigiert werden, wobei statt einer Trennung der Gaumenhälften eher eine Erweiterung des Alveolarfortsatzes erfolgte. Die unerwünschten Nebenwirkungen blieben überschaubar. Somit stelle die konventionelle Erweiterung eine bedenkenswerte Option zur chirurgisch unterstützten GNE beim Erwachsenen Patienten dar.

### **2.3.2 Biomechanik**

Ziel der Gaumennahterweiterung ist die transversale Erweiterung der Oberkieferbasis

durch Öffnung der Sutura palatina mediana. Dies geschieht gewöhnlich über feststehende Apparaturen, die im Seitenzahnbereich befestigt sind.

Die durch die Apparatur erzeugten Kräfte werden über die Ankerzähne auf die Maxilla übertragen. Dabei kommt es zu einer Kompression des parodontalen Ligaments. Um den gewünschten orthopädischen Effekt zu erreichen, müssen die aufgebrachten Kräfte die für eine reine Zahnbewegung benötigten Werte übertreffen [12].

Laut ISAACSON und INGRAM [56] treten die Kraftmaxima während den Aktivierungen auf und erreichen Werte von 15-50 N. Die Kräfte fallen schnell ab, die Summe der Residualkräfte kann aber über 100 N betragen. Mit zunehmendem Patientenalter steigen die auftretenden Kräfte durch die höhere Rigidität der knöchernen Strukturen.

Ein Diastema mediale als Zeichen einer Öffnung der Sutura bildet sich zwischen der neunten und der zwölften Aktivierung [112], seine Größe lässt aber keinen genauen Rückschluss auf das Ausmaß der Suturaöffnung zu [109]. Nach der Öffnung fallen die erzeugten Kräfte nicht signifikant ab, der Hauptwiderstand gegen die Erweiterung liegt also in den verbliebenen maxillären Verbindungen und nicht in der Sutura palatina mediana selbst [56, 112].

Die Erweiterung betrifft nicht nur die Maxilla, sondern auch tieferliegende Schädelstrukturen [99], vor allem die Ossa palatina und die Processus pterygoidei des Os sphenoidale. Die Spannungen konzentrieren sich anfangs auf den anterioren Gaumen, verlaufen dann entlang der Sutura palatina mediana nach dorsal und über die Ossa palatina zum Os sphenoidale, den Processus zygomatici und den medialen Orbitawänden [21]. Es kommt zu keiner Trennung an den pterygopalatinen und palatomaxillären Suturen, sondern die genannten Knochen verhalten sich wie eine Einheit [103]. Da das Os sphenoidale unpaarig angelegt ist, kommt es zur Aufbiegung der Processus pterygoidei nach lateral [103]. Laut TIMMS [103] beträgt die Breitenzunahme im Bereich der Hamuli pterygoidei im Mittel 58% der intermolaren, streut aber sehr stark. Dabei kommt es zu Spannungen im Bereich des Os sphenoidale [60], die laut HOLBERG [53] im juvenilen Keilbein moderat sind, im adulten wegen der abnehmenden Knochenelastizität aber kritische Werte erreichen können.

Die Sutura palatina mediana öffnet sich in der okklusalen Ansicht nicht parallel, sondern von vorne nach hinten in abnehmendem Ausmaß. Die Suturaöffnung ist im Bereich der Schneidezähne durchschnittlich doppelt so groß wie im Bereich der Molaren. Auch in der

Frontalansicht werden die Maxillahälften V-förmig auseinandergedrängt, wobei sich das Zentrum dieser Rotationsbewegung in der Nähe der Sutura frontomaxillaris befindet [109, 45, 11, 65, 12].

### **2.3.2.1 Kurzfristige Ergebnisse**

Die erzielte Erweiterung ist eine Kombination aus der Trennung der Maxillahälften und einer dentoalveolären Expansion. LAGRAVÈRE et al. [69] geben in einer Metaanalyse zu den kurzfristig durch eine GNE erreichten Änderungen die durchschnittliche transversale Erweiterung an den Kronen der ersten Molaren (Modelle) mit 6,74 mm an, die im Bereich des Schnittpunkts von Processus alveolaris und zygomaticus (Fernröntgen-PA-Bilder) mit 2,73 mm.

Weiterhin werden die Alveolarfortsätze nach lateral aufgebogen und die Molaren nach bukkal gekippt [12]. Der Winkel zwischen den Zahnachsen der ersten Molaren vergrößert sich im Durchschnitt um  $3,10^\circ$  [69].

Obwohl sich die Sutura V-förmig öffnet, fallen die dentalen Änderungen im Frontzahnbereich kleiner als an den ersten Molaren aus. Die Breitenzunahme beträgt laut LAGRAVÈRE et al. [69] an den Eckzahnsitzen durchschnittlich 5,35 mm, am Diastema mediale 2,98 mm. Dies kann durch den Kraftangriff an den Seitenzähnen erklärt werden und untermauert die These, dass die Erweiterung nicht rein skelettalen, sondern sogar vorwiegend dentalen Ursprungs ist. Der Anteil der skelettalen Erweiterung sinkt mit dem Patientenalter [26].

In der Mandibula ist wegen der Aufrichtung der Seitenzähne nach lateral eine geringe Vergrößerung der intermolaren Breite zu erwarten (durchschnittlich +0,53 mm) [69, 89].

Die Nasenhöhle wird durch die GNE signifikant verbreitert (durchschnittlich +2,14 mm), wobei die Größenzunahme vor allem im antero-inferioren Teil stattfindet [108, 69]. Die Nasenatmung ist schon direkt nach Suturaöffnung signifikant verbessert, sie bleibt auch 8 Monate später stabil. Die Verbesserung der Nasenatmung ist umso größer, je stärker die ursprüngliche Atmungsbehinderung war [16, 31].

Auch in der Sagittalebene kommt es zu Änderungen. Die Maxilla wird nach vorne und unten verlagert [109, 45]. Es kommt zu einer Absenkung des Gaumendaches [43]. Die Vorverlagerung lässt sich durch die V-förmige Suturaöffnung erklären, wenn man annimmt, dass die Rotationszentren im Bereich der Processus pterygoidei liegen und die

Maxillahälften keine Ausweichmöglichkeit nach dorsal haben. Dies wirkt sich auch auf die Position des A-Punktes aus [11].

Weiterhin werden die oberen Molaren um 0,53 mm im Vergleich zur Spinaebene extrudiert. Dadurch vergrößert sich der Winkel der Mandibulaebene zur Nasion-Sella-Ebene - laut LAGRAVÈRE et al. [69] um 1,97°. Als weiterer Grund kann die Neueinstellung der Okklusion durch Überstellung des Kreuzbisses angeführt werden. Diese Bissöffnung ist jedoch klinisch nicht signifikant [69] und langfristig nicht stabil [109, 22].

### **2.3.2.2 Langfristige Ergebnisse / Rezidiv**

Während des Retentionszeitraumes rezidiert vor allem die skelettale Erweiterung. Nach 15 Monaten sind noch etwa 70% der im Bereich des Processus zygomatici erreichten Expansion vorhanden [12]. Im Bereich des Zahnbogens kommt das Rezidiv hauptsächlich durch eine Aufrichtung der Molaren nach palatinal zustande [110].

Die transversalen Wirkungen sind auch langfristig signifikant, aber eher dentaler als skelettaler Natur [69, 67]. In Kombination mit einer der GNE nachfolgenden festsitzenden Therapie können bis zum Abschluss des Wachstums transversale Defizite der Maxilla und des Oberkieferzahnbogens, die vor der Behandlung bestanden, ausgeglichen werden [18, 39]. Durch eine Behandlung vor dem pubertären Wachstumsmaximum kann auch auf lange Sicht der Anteil der skelettalen Wirkungen erhöht werden [4]. Er beträgt dann ca. 25% der Gesamterweiterung, bei einer späteren Behandlung ist er jedoch nicht signifikant [68].

Weder die Verlagerung der Maxilla nach ventrokaudal noch die Rotation der Mandibula bleiben stabil. Klinisch signifikante Änderungen in der Sagittalebene sind also auf lange Sicht nicht zu erwarten [69, 22, 67].

Die Studienergebnisse bezüglich des Langzeiterfolges sind aber nicht eindeutig [67, 68]. So wird z.B. berichtet, dass die langfristige Expansion nicht größer als das normale Wachstum ausfällt [92]. Weiterhin wird grundsätzlich bezweifelt, ob eine kurzzeitige, rein mechanische Einflussnahme auf ein komplexes biologisches System langfristig stabil sein kann [91].

Als Gründe für ein Rezidiv werden die in den verformten und verlagerten Knochen

herrschenden Spannungen und ein durch die Erweiterung entstandenes muskuläres Ungleichgewicht angeführt [91, 3, 8].

### **2.3.2.3 Remineralisation nach Gaumennahterweiterung**

Im ersten Monat nach der Expansion steigt der Mineralgehalt innerhalb der geöffneten Sutura palatina mediana sprunghaft an, während er in den benachbarten Bereichen abnimmt. Nach ca. 3 Monaten erreicht die Knochenaktivität wieder ihr ursprüngliches Niveau [34, 3].

### **2.3.2.4 Nebenwirkungen / Komplikationen**

Patienten berichten häufig von Schmerzen in der aktiven Phase der GNE. Ansonsten sind unerwünschte Nebenwirkungen hauptsächlich an den Ankerzähnen vorzufinden. Sie bestehen aus deren übermäßiger Bukkalkippung, Wurzelresorptionen und Gingivarezessionen. Häufigkeit und Ausprägung steigen mit dem Patientenalter an. Es kann, vor allem bei Erwachsenen, zu einem Ausbleiben der Suturaöffnung kommen.

Weitere mögliche Nebenwirkungen sind Schleimhautirritationen, eine Verbreiterung der Nase und Hämatome [48, 69, 94].

## **2.3.3 Konstruktion und Handhabung**

### **2.3.3.1 Geschichte**

1860 findet sich im Dental Cosmos die erste Beschreibung einer forcierten Gaumennahterweiterung durch EMERSON C. ANGELL [2]. Seine Apparatur mit zwei, sich in gegensätzlicher Richtung drehender Schrauben, mit je einem Gewinde nach rechts und links ist nur durch ihren Expansionsdruck an den Zahnhälsen befestigt. ANGELL nimmt die Sprengung der Sutura palatina mediana als Ursache für das entstandene Diastema mediale an, was die damalige Fachwelt jedoch bezweifelt. Andere im 19. Jahrhundert zur transversalen Oberkiefererweiterung eingesetzte Apparaturen bewirken mehrheitlich langsame, dentale Veränderungen [42, 104].

SCHROEDER-BENSELER [42] veröffentlicht 1913 erste größere Arbeiten über die Gaumennahterweiterung. Darin beschreibt er seine Apparatur, bei der die Expansionskraft einer Schraube über zwei an den Zähnen befestigte Kappen auf den Knochen übertragen wird.

DERICHSWEILER [30] stellt 1956 eine festsitzende Apparatur vor, die zusätzlich die Gaumenwände zur Kraftübertragung nutzt und so eine Kippung der Ankerzähne vermeiden soll. Seine Apparatur umfasst 4 oder 6, über Fortsätze mit einer Palatonplatte verbundene, kieferorthopädische Bänder. Eine Schraube liegt möglichst hoch im Gaumengewölbe, um den Ansatzpunkt der Kraft dorthin zu verlegen. DERICHSWEILER führt umfangreiche Untersuchungen zu Indikation, Technik und Ergebnissen durch. In seinem Buch "Gaumennahterweiterung" [30] beleuchtet er auch rhinologische Aspekte und Aspekte der Lippen-Kiefer-Gaumenspalattherapie.

### **2.3.3.2 Gaumennahterweiterungsapparaturen**

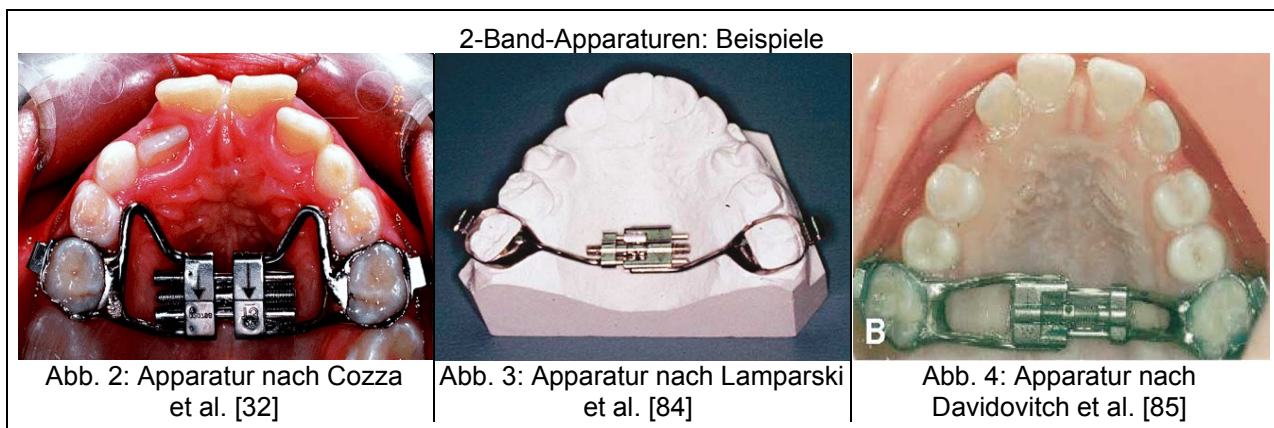
Die Einführung der Hyraxschraube durch BIEDERMANN [10], die über je zwei Retentionsarme rechts und links an Bändern festgeschweißt oder -gelötet wird, führt zu einer Vereinfachung des Laborprozesses und zu besseren Mundhygieneverhältnissen. Die Hyraxschraubenapparatur ist die zur Zeit am weitesten verbreitete Apparatur [42, 94].

Üblicherweise werden vier Bänder, die sich an den ersten Molaren der zweiten Dentition und an den ersten Prämolaren bzw. ersten Molaren der ersten Dentition befinden, als Halteelemente genutzt. Einige Autoren berichten aber von modifizierten, nur über zwei an den ersten Molaren befindliche Bänder fixierte GNE-Apparaturen [25, 70, 28, 106, 93]. Neben der einfacheren Herstellung soll laut VELTRI [106] ihr Vorteil in einer ungehinderten V-förmigen Suturöffnung liegen, die nicht durch die anterioren Bänder begrenzt wird. Andere Autoren geben aber an, dass die Öffnung der Sutura palatina mediana geringer ausfällt als bei der Verwendung von 4 Bändern und dem gleichen Ausmaß der Schraubenaktivierung [70, 28].

Eine weitere häufig verwendete GNE-Apparatur ist diejenige nach HAAS [45, 43, 44]. Sie überträgt die Expansionskraft nicht nur über vier Bänder, sondern zusätzlich über einen Kunststoffanteil, der der palatinalen Mukosa eng anliegt.

Eine Alternative zu den mittels Bändern befestigten Haas- und Hyrax-Apparaturen stellen, besonders bei einer frühen Behandlung, geklebte GNE-Apparaturen dar. Hier erfolgt die Fixation über Kunststoffkappen, die die Kronen der Seitenzähne bedecken [94, 76].

Die Rigidität der Apparatur wird als wichtig für den Anteil der skelettalen Erweiterung angesehen [81].



### 2.3.3.3 Therapeutisches Vorgehen

#### Aktivierung

Die bei der forcierten Gaumennahterweiterung gewünschte orthopädische Beeinflussung des Oberkiefers durch die Sprengung der Sutura palatina mediana und Minimierung der Zahnbewegung setzen hohe expansive Kräfte voraus. Diese werden durch eine schnelle Erweiterung erzeugt [12].

Es existiert keine eindeutige Literaturempfehlung bezüglich des Aktivierungsmodus. Am gebräuchlichsten ist jedoch eine zweimalige Aktivierung der Hyraxschraube pro Tag um je eine Viertelumdrehung [63]. Dies entspricht einer täglichen Verbreiterung des Schraubenspalts um ca. 0,4 mm.

Ein Diastema mediale als Zeichen einer Öffnung der Sutura bildet sich zwischen der neunten und der zwölften Aktivierung [112], seine Größe lässt aber keinen genauen Rückschluss auf das Ausmaß der Suturaöffnung zu [109].

Es sollte eine Überkorrektur des Kreuzbisses erfolgen, um die nachfolgende Aufrichtung der Seitenzähne zu ermöglichen [109] und zwar "in dem Maße, dass die palatinalen Höcker der Oberkieferzähne auf die linguale Abhänge der bukkalen Höcker der unteren Zähne treffen" [110].

#### Langsame Gaumennahterweiterung

Von der forcierten GNE, deren aktive Phase ungefähr eine bis vier Wochen dauert, unterscheidet man die langsame Oberkiefererweiterung, bei der die Expansion über einen Zeitraum von mehreren Monaten erfolgt. Hier treten geringere Kräfte auf. Sie zeigt eine geringere Rezidivtendenz und soll im Gebiss der ersten Dentition und im frühen Wechselgebiss eine gleichwertige skelettale Expansion erreichen. Zur langsamen



Oberkiefererweiterung können auch z.B. Quadhelix-Apparaturen oder Minne-Expander genutzt werden, die eine kontinuierliche Krafteinwirkung (ca. 9 N) ermöglichen [21, 88, 87, 81, 7].

## **Retention**

Der Retentionszeitraum beträgt üblicherweise ca. 3-6 Monate, teilweise werden auch längere Zeiträume gefordert [63, 8]. So strebt MEW [78] je nach Patientenalter eine 1,5-4 Jahre dauernde Retentionsphase an.

3 Monate reichen für eine Reorganisation des Knochens in der Sutura palatina mediana aus, hierbei werden das muskuläre Gleichgewicht und die in den Knochen vorhandenen Spannungen aber nicht berücksichtigt [3, 8].

Die Retention erfolgt durch die GNE-Apparatur oder durch herausnehmbare Geräte. Die Art der Retention beeinflusst das Ausmaß des Rezidivs. Je nachdem, ob die Retention nicht, herausnehmbar oder festsitzend erfolgt, beträgt das Rezidiv laut HICKS [51] ca. 45%, 22-25% bzw. 10-23% der erreichten Expansion.

## **2.4 Das Fernröntgenseitenbild**

### **2.4.1 Grundlagen**

Das Fernröntgenseitenbild stellt neben Modellen und der Panoramaschichtaufnahme das wichtigste diagnostische Hilfsmittel in der Kieferorthopädie dar. Es wurde 1931 durch HOFRATH [52] und BROADBENT [17] in die Kieferorthopädie eingeführt.

Ziel dieser Summationsaufnahme ist eine möglichst scharfe, größenrichtige und unverzerrte Abbildung des knöchernen Schädels und der Gesichtskonturen in der Seitenansicht, der Norma lateralis.

Die Strahlendivergenz führt zur Vergrößerung von dargestellten Objekten, wobei filmferne stärker als filmnahe vergrößert und unschärfer dargestellt werden. Dadurch entstehen Parallaxenfehler, die sich in einer unterschiedlichen Vergrößerung linker und rechter Schädelanteile und somit in Doppelprojektionen symmetrischer anatomischer Strukturen äußern.

Deshalb wird bei der Fernröntgenseitenaufnahme der Fokus-Objekt-Abstand möglichst groß, der Objekt-Film-Abstand hingegen möglichst klein gewählt. So wird die

Strahlendivergenz minimiert und die Schärfe der Abbildung optimiert. Räumliche Gegebenheiten und die mit dem Quadrat der Entfernung vom Fokus abnehmende Strahlungsintensität begrenzen aber den möglichen Fokus-Objekt-Abstand. Der übliche Fokus-Objekt-Abstand beträgt ca. 1,7m.

Im Fernröntgenseitenbild sollen Knochen, Zähne und das Weichgewebeprofil dargestellt werden, also Strukturen, zu deren Darstellung unterschiedliche Strahlenqualitäten notwendig sind. Deshalb wird die Strahlung im Bereich des Weichgewebeprofiles durch Filter selektiv abgeschwächt.

Die Fernröntgenanlage umfasst weiterhin eine Kopfhalterung (Kephalostat), die aus zwei Ohroliven und einer Nasenstütze mit Messlatte besteht. Durch diese Dreipunktstützung wird eine verwacklungsfreie Aufnahme erreicht. Der Patient sollte in natürlicher Kopfhaltung, habitueller Okklusion und mit entspannter mimischer Muskulatur geröntgt werden, das Gesicht zeigt üblicherweise nach rechts. Die Mediansagittalebene des Kopfes wird parallel zur Filmebene ausgerichtet, um Verzerrungen zu vermeiden. Die Messlatte ermöglicht das Ausrechnen des Vergrößerungsfaktors [32].

Um das Fernröntgenseitenbild kephalometrisch auswerten zu können, also Winkel- und Streckenmessungen vorzunehmen, müssen kephalometrische Messpunkte eingezeichnet werden. Diese sollten eindeutig definiert und gut reproduzierbar sein [32].

Bei der Bestimmung von Messpunkten kommt es zu Fehlern. Man unterscheidet radiographische Fehler und Identifikationsfehler.

Radiographische Fehler sind röntgentechnisch bzw. durch die Projektion bedingt, also Parallaxenfehler oder Verzerrungen. Unter der Voraussetzung, dass der Patient sorgfältig im Kephalostat positioniert wird, sind sie im Vergleich zu Identifikationsfehlern vernachlässigbar klein.

Parallaxenfehler und Asymmetrien führen bei bilateral angelegten anatomischen Strukturen zu Doppelkonturen auf der Röntgenaufnahme. In diesen Fällen müssen die Messpunkte auf einer gemittelten Konturlinie eingezeichnet werden [95].

Identifikationsfehler entstehen durch individuell verschiedene Auslegungen von Punktdefinitionen. Sie können durch eindeutige Punktdefinitionen, Auswertung durch nur eine Person, Kalibrierung der auswertenden Person und wiederholte Messungen verringert werden [55, 98, 5].

Weiterhin kommt es bei Winkel- und Streckenmessungen zu Ablesefehlern, die durch

computergestützte Auswertungen eliminiert werden können [23].

## **2.4.2 Effekte der Gaumennahterweiterung**

### **2.4.2.1 Kurzfristige Effekte**

Bei der Betrachtung durch die GNE im FRS hervorgerufener kurzfristiger Effekte werden laut LAGRAVÈRE et al. [69] folgende signifikante Änderungen in der Literatur genannt:

- Vergrößerung des Abstandes zwischen der Höckerspitze des ersten Oberkiefermolaren und der Nasal-Linie um durchschnittlich 0,53 mm
- Verkleinerung des Winkels zwischen der Zahnachse der mittleren oberen Inzisivi und der Nasion-Sella-Linie um durchschnittlich  $0,86^\circ$
- Vergrößerung der sagittalen Frontzahnstufe um durchschnittlich 1,29 mm
- Vergrößerung des Winkels zwischen Mandibula-Linie und Nasal-Linie bzw. Nasion-Sella-Linie um durchschnittlich  $1,65^\circ$  bzw.  $1,97^\circ$
- Vergrößerung des SNA-Winkels um durchschnittlich  $0,87^\circ$
- Verkleinerung des SNB-Winkels um durchschnittlich  $0,62^\circ$

### **2.4.2.2 Langfristige Effekte**

Auf lange Sicht ergeben sich diese Änderungen:

- Laut CHANG et al. [22] verkleinert sich der Winkel zwischen Mandibula- und Nasion-Sella-Linie bei einer mit GNE und Standard-Edgewise-Technik behandelten Gruppe signifikant weniger als bei einer nur mit letzterer behandelten. ( $0,85^\circ$  bzw.  $2,52^\circ$ ).
- Laut GARIB et al. [38] verkleinert sich der ANB-Winkel um  $0,3^\circ$ , der einer nur mit Standard-Edgewise-Technik behandelten Kontrollgruppe dagegen um  $1,3^\circ$ . Die sagittale Frontzahnstufe verringert sich um 0,9 mm, die der Kontrollgruppe um 3,0 mm.

## 3. Material und Methode

### 3.1 Patienten

Die Patientenauswahl für die vorliegende Untersuchung erfolgte auf Grundlage der schriftlichen Befund- und Behandlungsdokumentation, intraoraler Fotos und - soweit vorhanden - dreidimensional getrimmter Modellpaare.

Die einbezogenen Patienten mussten sich zu Behandlungsbeginn in der Wechselgebissphase befinden, einen einseitigen Kreuzbiss aufweisen und mit einer über zwei bzw. vier Bänder befestigten Gaumennahterweiterungsapparatur behandelt worden sein. Bezüglich des Geschlechts bestanden bei der Patientenauswahl keine Einschränkungen. Kieferorthopädisch vorbehandelte Patienten sowie Patienten mit Spaltbildungen oder Syndromerkrankungen wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Ein erstes Fernröntgenseitenbild wurde im Rahmen des Anfangsbefundes (Zeitpunkt  $t_0$ ), ein zweites während der Retentionsphase oder spätestens ein Jahr nach Abnahme der Apparatur im Rahmen eines Zwischenbefundes (Zeitpunkt  $t_1$ ) angefertigt.

Zwischen Anfangsbefund und Einsetzen der Apparatur wurde nicht aktiv behandelt. Zwischen Abnahme der Apparatur und Zwischenbefund fand keine Behandlung in der Transversalen im Seitenzahnbereich statt. Während dieser Zeit beschränkte sich die Therapie auf: Brackets auf den oberen Schneidezähnen, passive OK-Plattenapparatur, Einschleifen von Eckzähnen, Extraktionen von Eckzähnen und ersten Molaren der ersten Dentition.

Nach Anwendung dieser Kriterien konnten 40 Patienten in die Untersuchung aufgenommen werden. Es wurden die Gruppen "2 Bänder" und "4 Bänder" gebildet, die sich folgendermaßen darstellten:

In der Gruppe "2 Bänder" wurden 38 Fernröntgenseitenbilder von 19 Patienten ausgewertet. 13 Patienten (68%) waren weiblich, 6 (32%) männlich. Das Durchschnittsalter bei Einsetzen der Apparatur betrug  $9,26 \pm 0,84$  Jahre. Zwischen Anfangsbefund und Einsetzen vergingen im Median 50 Tage. Die Apparatur war durchschnittlich  $243 \pm 74$  Tage in situ. Zwischen Anfangs- und Zwischenbefund vergingen im Durchschnitt  $485 \pm 148$  Tage.

In der Gruppe "4 Bänder" wurden 42 Fernröntgenseitenbilder von 21 Patienten ausgewertet. 10 Patienten (48%) waren weiblich, 11 (52%) männlich. Das Durchschnittsalter bei Einsetzen der Apparatur betrug  $9,22 \pm 1,20$  Jahre. Zwischen Anfangsbefund und Einsetzen vergingen im Median 88 Tage. Die Apparatur war durchschnittlich  $190 \pm 37$  Tage in situ. Zwischen Anfangs- und Zwischenbefund vergingen im Durchschnitt  $413 \pm 120$  Tage.

Die Kontrollgruppe bestand aus 21 unbehandelten Patienten mit transversaler Neutralokklusion, davon 10 (48%) weiblich und 11 (52%) männlich, von denen je zwei Fernröntgenseitenbilder vorhanden waren. Das erste wurde mit durchschnittlich  $9,36 \pm 0,90$  Jahren, das zweite mit durchschnittlich  $10,65 \pm 0,79$  Jahren aufgenommen. Zwischen beiden Aufnahmen vergingen im Durchschnitt  $469 \pm 145$  Tage.

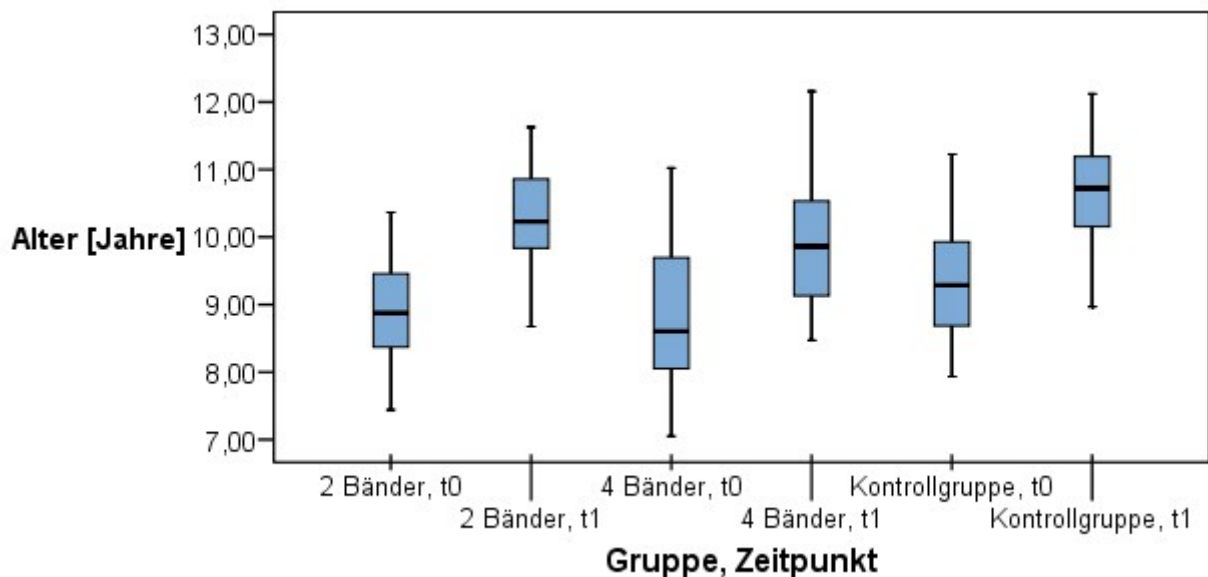


Abb. 5: Altersverteilung in den Gruppen zum ersten ( $t_0$ ) und zweiten Untersuchungszeitpunkt ( $t_1$ )

### 3.2 Apparatur

Die hier untersuchten Gaumennahterweiterungsapparaturen wurden unter Verwendung der "Palatinalsplitschraube Typ 'S'" (Forestadent®, Pforzheim, Deutschland) angefertigt. Zur Herstellung der Apparatur wurden zunächst die Bänder (V412; Dentaureum, Ispringen, Deutschland) an die ersten Molaren der zweiten Dentition und - bei Verwendung von 4 Bändern - an die ersten Prämolaren bzw. ersten Molaren der ersten Dentition angepasst. Dann erfolgte die Abformung des Oberkiefers mit Alginat. Die Bänder wurden in die Abformung reponiert und mit Wachs fixiert. Nach der Herstellung eines Hartgipsmodells wurde die Schraube median auf Höhe der zweiten Prämolaren positioniert, wobei man auf einen ausreichenden Abstand zur Gaumenschleimhaut achtete.

Bei der Verwendung von vier Bändern wurden die vier Retentionsarme der Schraube zu den entsprechenden Bändern hin gebogen und dort angelötet (Stahlgold Lot 750; Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland). Bei Verwendung von nur zwei Bändern wurde der anteriore Retentionsarm jeweils zum ersten Prämolaren / ersten Molaren der ersten Dentition hin gebogen und dort mit einem palatinal des Eckzahns und dieses Zahnes verlaufenden Draht (Crozat-Redur remaloy®, Durchmesser 1,2mm; Dentaureum, Ispringen, Deutschland) verlötet. Der distale Retentionsarm wurde jeweils zum ersten Molaren der zweiten Dentition hin gebogen und mit dem Band und einem weiteren Draht verlötet, der von dort zur Palatinalfläche des zweiten Prämolaren / zweiten Molaren der ersten Dentition verlief. Anschließend wurde die Apparatur, insbesondere die Lötstellen, poliert.

#### Herstellungprozess der GNE-Apparatur (2 Bänder)



Abb. 6: 2 Bänder, mit Wachs fixiert

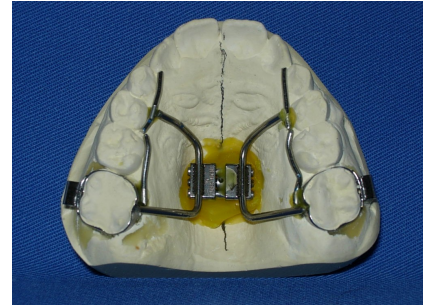


Abb. 7: Schraube, Drahtelemente und Bänder, mit Wachs fixiert

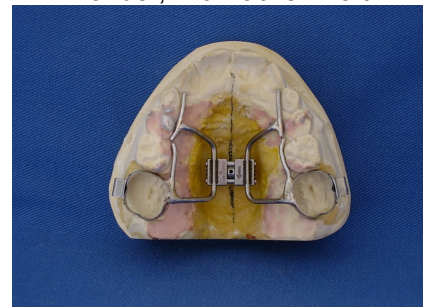


Abb. 8: Apparatur nach dem Löten

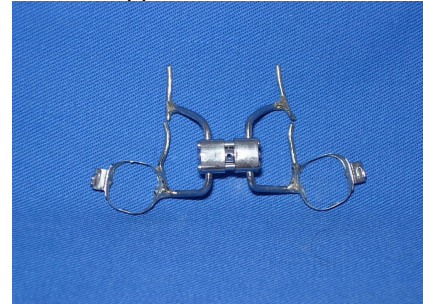


Abb. 9: polierte Apparatur

Nach der Anprobe der Apparatur am Patienten wurde diese bei guter Passung mit Ketac® Cem Plus (3M Espe®, Seefeld, Deutschland) eingesetzt.

### 3.3 *Therapeutisches Vorgehen*

Die erste Aktivierung der Schraube erfolgte direkt nach dem Einsetzen. Im weiteren Verlauf wurde sie morgens und abends um je eine Viertelumdrehung aktiviert. Dies entsprach bei einer Gewindehöhe von 0,8 mm einer täglichen Verbreiterung des Schraubenspalts um 0,4 mm. Der Patient erschien wöchentlich zur Kontrolle, wobei das Auftreten eines Diastema mediale überprüft und die Breite des Schraubenspalts gemessen wurde. Nach Überstellung des Kreuzbisses in eine transversale Neutralokklusion mit einer Überkorrektur von ca. 1 mm pro Seite wurde der Patient angewiesen, die Schraube nicht mehr zu drehen.

Die Gaumennahterweiterungsapparatur verblieb ohne weitere Aktivierung als Retentionsgerät in situ. Die nachfolgende kieferorthopädische Behandlung konnte bereits im Retentionszeitraum beginnen.



Abb. 10: 2-Band-Apparatur vor Expansion

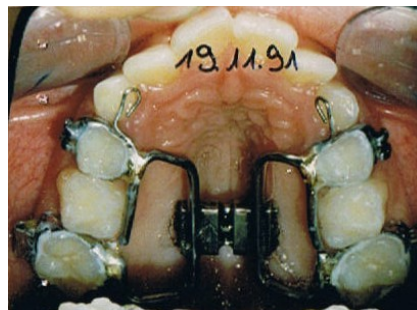


Abb. 12: 4-Band-Apparatur vor Expansion

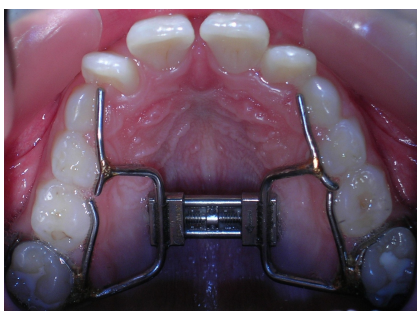


Abb. 11: 2-Band-Apparatur nach Expansion

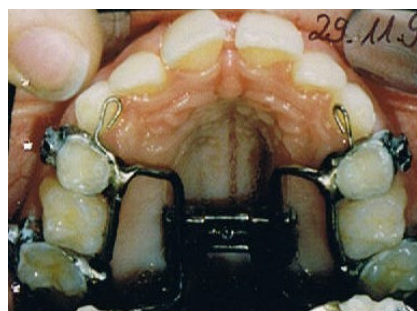


Abb. 13: 4-Band-Apparatur nach Expansion

### 3.4 *Röntgenaufnahmen*

Die Fernröntgenseitenbilder der behandelten Gruppen wurden mit den Geräten "Philips XB60 05/00" (Philips®, Eindhoven, Niederlande) und "Trophy Orthoceph 100" (Trophy®

Radiologie, Vincennes, Frankreich) aufgenommen.

Nach dem Einscannen der Bilder mit einer Auflösung von 300 dpi (Epson® Expression 1680; Epson, Deutschland; Software: Silver Fast Ai®; Laser Soft Imaging AG, Kiel, Deutschland) erfolgte die kephalometrische Auswertung mit dem Programm "OnyxCeph®" (Image Instruments®, Chemnitz, Deutschland), die zur Vermeidung interindividueller Fehler von nur einer Person durchgeführt wurde.

Die Maßstäbe für die Aufnahmen der Kontrollgruppe konnten über die vorhandenen Normierungsskalen berechnet werden. Da nicht auf jedem Bild der behandelten Gruppen die Normierungsskala zu erkennen war, wurde zunächst mit Hilfe einer für jedes Gerät vorhandenen Referenzaufnahme der jeweilige Maßstab in [mm/Pixel] ausgerechnet. Weil der Vergrößerungsfaktor aufgrund des festen Fokus-Objekt- und Objekt-Film-Abstandes für alle Bilder, die mit demselben Gerät aufgenommen worden waren, gleich war und alle Aufnahmen mit einer einheitlichen Auflösung eingescannt worden waren, konnte der Maßstab von 0,07575703 mm/Pixel (Philips XB60 05/00) bzw. 0,07699427 mm/Pixel (Trophy Orthoceph 100) auf die anderen Bilder übertragen werden.

### **3.5 Beschreibung der kephalometrischen Analyse**

Die vorliegende Analyse basiert auf Analysen von HASUND [50] und MCNAMARA [75]. Sie wurde um Elemente aus Publikationen von COZZA [25] und CHUNG [24] ergänzt.

#### **3.5.1 Messpunkte**

Um das Fernröntgenseitenbild kephalometrisch auswerten zu können, also Winkel- und Streckenmessungen vorzunehmen, mussten kephalometrische Messpunkte eingezeichnet werden. Diese sollten eindeutig definiert und gut reproduzierbar sein. Waren Doppelkonturen vorhanden, wurden die Messpunkte auf einer gemittelten Konturlinie eingezeichnet. Folgende kephalometrische Messpunkte wurden verwendet (definiert in Anlehnung an den Leitfaden zur Auswertung von diagnostischen Unterlagen im Rahmen des kieferorthopädischen Behandlungskurses I / II der Universität des Saarlandes):

#### **Sella (S)**

Sella ist das Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica, ein Punkt in der Median-Sagittalebene.



**Nasion (N)**

Nasion ist der anteriorste Punkt der Sutura nasofrontalis. Falls diese nach anterior V-förmig geöffnet ist, wird der anteriorste Punkt des V's verwendet.

**Porion (P)**

Porion ist die Mitte des Oberranders des Porus acusticus externus.

**Orbitale (Or)**

Orbitale ist der kaudalste Punkt des Orbitarandes.

**Spina nasalis anterior (Spa)**

Der Punkt Spina nasalis anterior ist der am weitesten anterior gelegen Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior.

**Spina nasalis posterior (Spp)**

Der Punkt Spina nasalis posterior ist der Schnittpunkt zwischen der vorderen Wand der Fossa pterygopalatina, die nach kaudal verlängert wird, und dem Nasenboden. Dieser Punkt ist oft von noch nicht durchgebrochenen Molaren überdeckt.

**A-Punkt (A)**

Der A-Punkt ist der am weitesten dorsal gelegene Punkt der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene. Er liegt in der Grenzzone zwischen Alveolarfortsatz und Basis. Obwohl der A-Punkt von der Stellung der mittleren Inzisivi nicht unabhängig ist, wird er als basaler Bezugspunkt verwendet [61].

**B-Punkt (B)**

Der B-Punkt ist der am weitesten dorsal gelegene Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene. Er liegt in der Grenzzone zwischen Alveolarfortsatz und Basis. Der B-Punkt ist nicht unabhängig von der Schneidezahnstellung, wird aber trotzdem als basaler Bezugspunkt herangezogen.

**Pogonion (Pg)**

Pogonion ist der am weitesten anterior gelegene Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittalebene.

**Menton (Me)**

Menton ist der kaudalste Punkt der Unterkiefer-Symphyse in der Median-Sagittal-Ebene, der Punkt im Bereich der Unterkiefer-Symphyse, der am weitesten von der Sella-Nasion-Linie entfernt ist.

**Articulare (Ar)**

Articulare ist der Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae.

**Gonion (Go)**

Gonion ist ein konstruierter Punkt, der als der Schnittpunkt der Mandibula-Linie mit der Ramus-Linie definiert ist.

**Inzision superius (Is)**

Inzision superius ist der am weitesten inzisal gelegene Punkt des am weitesten vorne stehenden oberen mittleren Schneidezahnes.

**Inzision inferius (Ii)**

Inzision inferius ist der am weitesten inzisal gelegene Punkt des am weitesten vorne stehenden unteren mittleren Schneidezahnes.

**Cuspidale Molar des Oberkiefers (CpMOK)**

CpMOK ist die Spitze des mesiobukkalen Höckers des oberen ersten Molaren.

**Cuspidale Molar des Unterkiefers (CpMUK)**

CpMUK ist die Spitze des mesiobukkalen Höckers des unteren ersten Molaren.

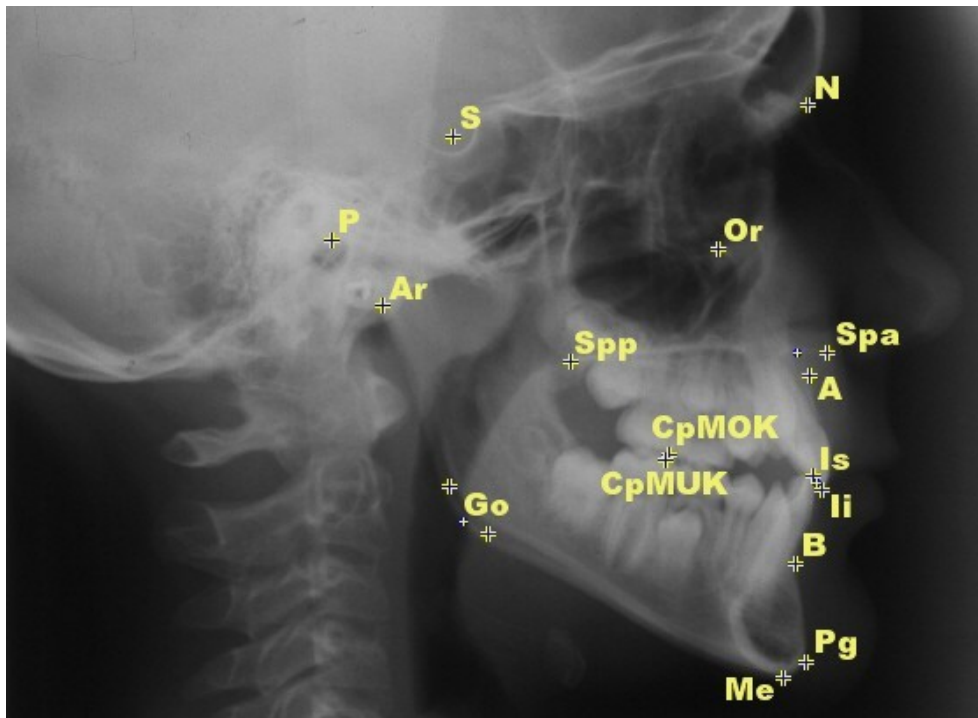


Abb. 14: verwendete Bezugspunkte (Erläuterungen siehe Text)

### 3.5.2 Bezugslinien

Aus den genannten Punkten wurden folgende kephalometrische Bezugslinien gebildet:

#### **Nasion-Sella-Linie (NSL)**

Die Nasion-Sella-Linie ist eine Linie durch die Punkte Nasion und Sella. Sie dient als Referenzlinie für die Neigung der anterioren Schädelbasis.

#### **Nasal-Linie (NL)**

Die Nasal-Linie ist eine Linie durch die Punkte Spina nasalis anterior und Spina nasalis posterior. Sie dient als Referenzlinie für die Neigung der Oberkieferbasis.

#### **Ramus-Linie (RL)**

Die Ramus-Linie ist eine Linie, die ausgehend vom Punkt Articulare als Tangente an die am weitesten dorsal gelegene Kontur des aufsteigenden Astes des Unterkiefers im Bereich des Kieferwinkels angelegt wird.

#### **Mandibula-Linie (ML)**

Die Mandibula-Linie ist eine Linie, die ausgehend vom Punkt Menton als Tangente an die

am weitesten kaudal gelegene Kontur des Corpus des Unterkiefers im Bereich des Kieferwinkels angelegt wird. Sie dient als Referenzlinie für die Neigung der Unterkieferbasis.

### Frankfurter Horizontale (FH)

Die Frankfurter Horizontale ist eine Linie, die durch die Punkte Porion und Orbitale verläuft. Sie dient als horizontale Bezugslinie und ist bei natürlicher Kopfhaltung annähernd parallel zum Boden.

### Nasion perpendicular (Nperp)

Nasion perpendicular ist die Senkrechte zur Frankfurter Horizontale, die durch den Punkt Nasion verläuft. Sie dient als Bezugslinie für Messungen in der Sagittalen [75].

### Okklusalebene (OP)

Die Okklusalebene wird durch einen anterioren Punkt, der durch Halbieren des Abstandes zwischen den Punkten Is und li festgelegt wird, und einen posterioren Punkt gezogen. Der posteriore Punkt wird durch Halbieren des Abstandes zwischen CpMOK und CpMUK festgelegt.

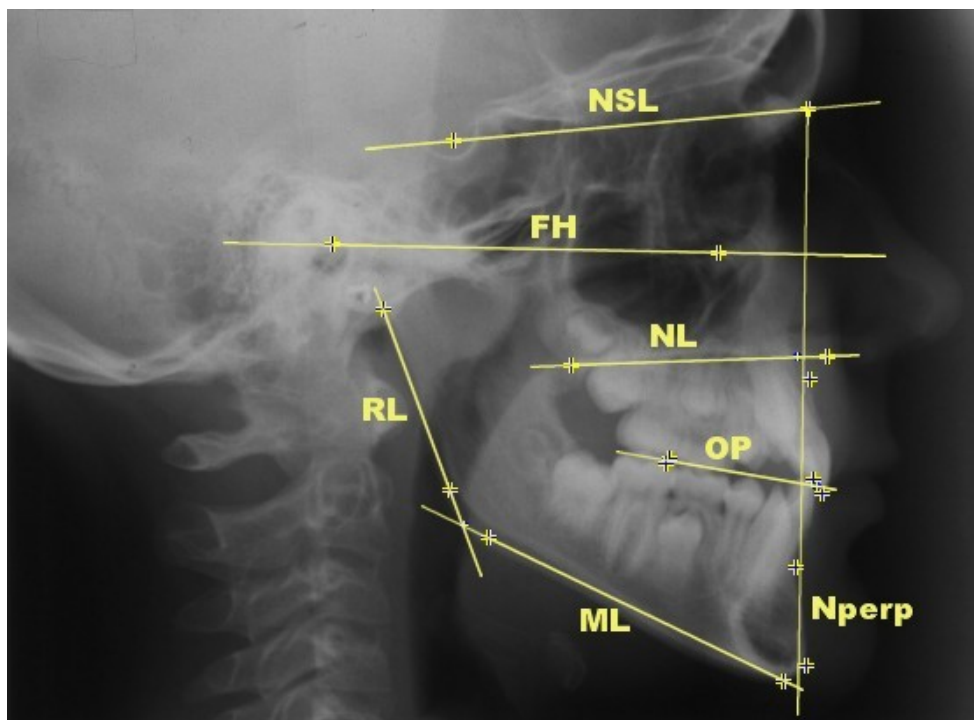


Abb. 15: verwendete Bezugslinien (Erläuterungen siehe Text)

### 3.5.3 Sagittale Messungen

#### **Winkel Sella - Nasion - A-Punkt (SNA)**

Der SNA-Winkel gibt Auskunft über die Position der Maxilla in der Sagittalen in Relation zur anterioren Schädelbasis. Ist SNA verkleinert, spricht dies für eine Retrognathie der Maxilla, ist er vergrößert, für eine Prognathie. Die Neigung der Nasion-Sella-Linie, auf die der Winkel ML/NSL hinweist, beeinflusst die Größe des SNA-Winkels.

#### **Winkel Sella – Nasion – B-Punkt (SNB)**

Der SNB-Winkel gibt Auskunft über die Position der Mandibula in der Sagittalen in Relation zur anterioren Schädelbasis, wobei ein verkleinerter SNB für eine Retrognathie, ein vergrößerter für eine Prognathie der Mandibula spricht. Die Neigung der Nasion-Sella-Linie beeinflusst die Größe des SNB-Winkels.

#### **Winkel Sella-Nasion-Pogonion (SNPg)**

Der SNPg-Winkel gibt auch Auskunft über die sagittale Position der Mandibula. Die Differenz zwischen SNB und SNPg gibt Auskunft über Prominenz des knöchernen Kinns und die Stellung der Schneidezähne in der Sagittalen auf dem Corpus mandibulae.

#### **Winkel A-Punkt–Nasion–B-Punkt (ANB)**

Der ANB-Winkel gibt Auskunft über die sagittale Position der Maxilla in Relation zur Mandibula, erlaubt aber keine Aussage, welcher Kiefer mesial-/distal-basale Diskrepanz verursacht. Liegt der A-Punkt vor der NB-Linie, so sind die Messwerte positiv.

#### **"Wits" appraisal of jaw disharmony (Wits-Wert)**

Der Wits-Wert [57,58] gibt Auskunft über die Lagebeziehung der Kiefer in anteroposteriorer Richtung. Er wird folgendermaßen bestimmt: vom A- und B-Punkt wird jeweils das Lot auf die Okklusalebene gefällt. Die erhaltenen Lotfußpunkte heißen AO und BO. Liegt AO vor BO, so ist der Wits-Wert positiv, liegt AO hinter BO, ist er negativ. Die Referenzlinie zur Bestimmung der sagittalen Kieferlagebeziehung beim Wits-Wert ist die Okklusalebene. Er hängt also nicht von den Faktoren ab, die den ANB-Winkel beeinflussen.

**Strecke Nperp-A**

Nperp-A ist die Länge des Lotes vom A-Punkt auf Nasion perpendicular. Liegt A vor Nperp, ist der Wert positiv. Dieser Wert ist ein Maß für die sagittale Position des Oberkiefers.

**Strecke Nperp-B**

Nperp-B ist die Länge des Lotes vom B-Punkt auf Nasion perpendicular. Liegt B vor Nperp, ist der Wert positiv. Dieser Wert ist ein Maß für die sagittale Position des Unterkiefers.

**Strecke Nperp-Pg**

Nperp-Pg ist die Länge des Lotes von Pogonion auf Nasion perpendicular. Liegt Pg vor Nperp, ist der Wert positiv. Dieser Wert ist ein Maß für die sagittale Position des Unterkiefers.

**Strecke Spp-A**

Spp-A ist ein Maß für Veränderungen des zahntragenden Oberkieferanteils in der Sagittalen.

**3.5.4 Vertikale Messungen****Winkel NL/NSL**

Der Winkel zwischen NL und NSL gibt die Neigung der Maxilla in Relation zur anterioren Schädelbasis an. Ein vergrößerter NL/NSL-Winkel weist auf eine Retroinklination des OK, ein verkleinerter auf eine Anteinklination hin. NL/NSL ist negativ, wenn die Linien NL und NSL nach anterior konvergieren.

**Winkel ML/NSL**

Der Winkel zwischen ML und NSL gibt die Neigung der Mandibula in Relation zur anterioren Schädelbasis an. Ein vergrößerter ML/NSL-Winkel weist auf eine Retroinklination des UK, ein verkleinerter auf eine Anteinklination hin.

**Winkel ML/NL (Kieferbasiswinkel)**

Der Kieferbasiswinkel gibt den Grad der Neigung der Unterkiefer- zur Oberkieferbasis an

und somit die Divergenz der Kieferbasen. Er erlaubt also eine Aussage über die vertikale basale Relation. Eine offene basale Relation liegt bei vergrößertem ML/NL vor, eine tiefe basale Relation bei verkleinertem.

### **Winkel OP/NSL**

Der Winkel zwischen OP und NSL gibt den Grad der Neigung der Kauebene zur vorderen Schädelbasis an.

### **Winkel MeGoAr (Kieferwinkel)**

Der Kieferwinkel ist ein Maß für die Relation des Ramus zum Corpus mandibulae, also die Form des Unterkiefers. Er ist insofern ein Faktor für die Prognose der Wachstumsrichtung, dass bei vergrößertem MeGoAr ein vertikales, bei verkleinertem ein horizontales Wachstum zu erwarten ist.

### **Strecke NL-CpMOK**

NL-CpMOK ist die Länge des Lotes von CpMOK auf die Nasallinie. Sie ist ein Maß für vertikale Veränderungen der OK-Molarenposition im Vergleich zur OK-Basis.

### **Strecke ML-CpMUK**

ML-CpMUK ist die Länge des Lotes von CpMUK auf die Mandibula-Linie. Sie ist ein Maß für vertikale Veränderungen der UK-Molarenposition im Vergleich zur UK-Basis.

### **Strecke NSL-Spa**

NSL-Spa ist die Länge des Lotes von Spa zur Nasion-Sella-Linie. Sie ist ein Maß für Lageänderungen der anterioren Anteile der Oberkieferbasis in der Vertikalen im Vergleich zur vorderen Schädelbasis.

### **Strecke NSL-Spp**

NSL-Spp ist die Länge des Lotes von Spp zur Nasion-Sella-Linie. Sie ist ein Maß für Lageänderungen der posterioren Anteile der Oberkieferbasis in der Vertikalen im Vergleich zur vorderen Schädelbasis.

### **Strecke ML-Spa**

ML-Spa ist die Länge des Lotes von Spa auf die Mandibula-Linie. Sie ist ein Maß für vertikale Änderungen der Lage der Unterkiefer- zur anterioren Oberkieferbasis.

**Strecke ML-Spp**

ML-Spp ist die Länge des Lotes von Spp auf die Mandibula-Linie. Sie ist ein Maß für vertikale Änderungen der Lage der Unterkiefer- zur posterioren Oberkieferbasis.

**Streckenverhältnis S-Go/N-Me**

Das Verhältnis der Streckenlängen von S-Go zu N-Me ist Maß für das Verhältnis von hinterer zu vorderer Gesichtshöhe.

**3.6 Fehleranalyse**

Zur Beurteilung der Genauigkeit der Auswertungen wurden aus jeder Gruppe 50% der Patienten zufällig ausgewählt und deren Röntgenaufnahmen ein zweites Mal vermessen. Dies geschah im Abstand von mindestens 2 Wochen zur ersten Auswertung. Für jede Variable wurde der Methodenfehler mit Hilfe der Formel nach Dahlberg [5, 27] berechnet:

$$\text{Methodenfehler} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

d = Differenz zwischen 2. und 1. Auswertung

n = Anzahl der Doppelauswertungen

Der Methodenfehler sollte möglichst klein sein.

Um diesen Methodenfehler in Relation zur Gesamtvarianz der Variablen zu setzen, wurde zusätzlich der Zuverlässigkeitskoeffizient nach Houston [5, 54] berechnet:

$$\text{Zuverlässigkeitskoeffizient} = 1 - \frac{\delta^2}{s^2}$$

$\delta$  = Methodenfehler nach Dahlberg

$s^2$  = Varianz der Variablen

Der Zuverlässigkeitskoeffizient sollte möglichst nahe bei 1 liegen.



### **3.7 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS® 15.0 für Windows®.

Für jede Variable wurden Mittelwert, Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  ermittelt und tabellarisch bzw. als Boxplot dargestellt.

Der Kolmogorov-Smirnov-Test wurde für jede Variable zur Prüfung auf Normalverteilung angewendet. Dazu wurden die Werte nach Gruppe und Zeitpunkt eingeteilt.

War die Normalverteilung gegeben, wurde mittels einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) inklusive post-hoc-Test (Scheffé-Prozedur) einerseits herausgefunden, ob für die Differenzen der Werte zu  $t_1$  und  $t_0$  statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der drei Gruppen auftraten. Andererseits wurden Unterschiede zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt  $t_0$  ermittelt.

Die Irrtumswahrscheinlichkeiten  $p < 0,05$  (signifikant) und  $p < 0,01$  (hoch signifikant) wurden als Signifikanzniveaus festgelegt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Fehleranalyse

Der Methodenfehler nach Dahlberg betrug für Streckenmessungen durchschnittlich 0,71 mm, für Winkelmessungen durchschnittlich 0,65°. Außer für die Variablen Nperp-B und Nperp-Pg mit 1,39 mm bzw. 1,59 mm waren alle Werte kleiner als 1 mm bzw. 1°.

Der Zuverlässigkeitskoeffizient für die Strecke Spp-A betrug 0,88. Für alle anderen Variablen war er größer oder gleich 0,90.

### 4.2 Prüfung auf Normalverteilung

Der Kolmogorov-Smirnov-Test konnte für keine der Variablen die Nullhypothese "Die Werte sind normalverteilt" zurückweisen ( $p > 0,05$ ). Dadurch konnte die einfaktorielle Varianzanalyse für alle Variablen durchgeführt werden.

### 4.3 Einfaktorielle Varianzanalyse

#### 4.3.1 Sagittale Messungen

##### Winkel Sella - Nasion - A-Punkt (SNA)

Der SNA-Winkel wurde in allen drei Gruppen kleiner. Zwischen den Gruppen gab es in den Ausgangswerten und den Winkeländerungen keine signifikanten Unterschiede.

<b>[°]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	80,00 ± 3,05	80,07 ± 3,32	80,79 ± 2,53
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	79,90 ± 3,17	79,96 ± 3,20	80,40 ± 2,95
<b>Differenz</b>	-0,10	-0,11	-0,39

Tab. 1: Mittelwerte und Standardabweichungen von SNA zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

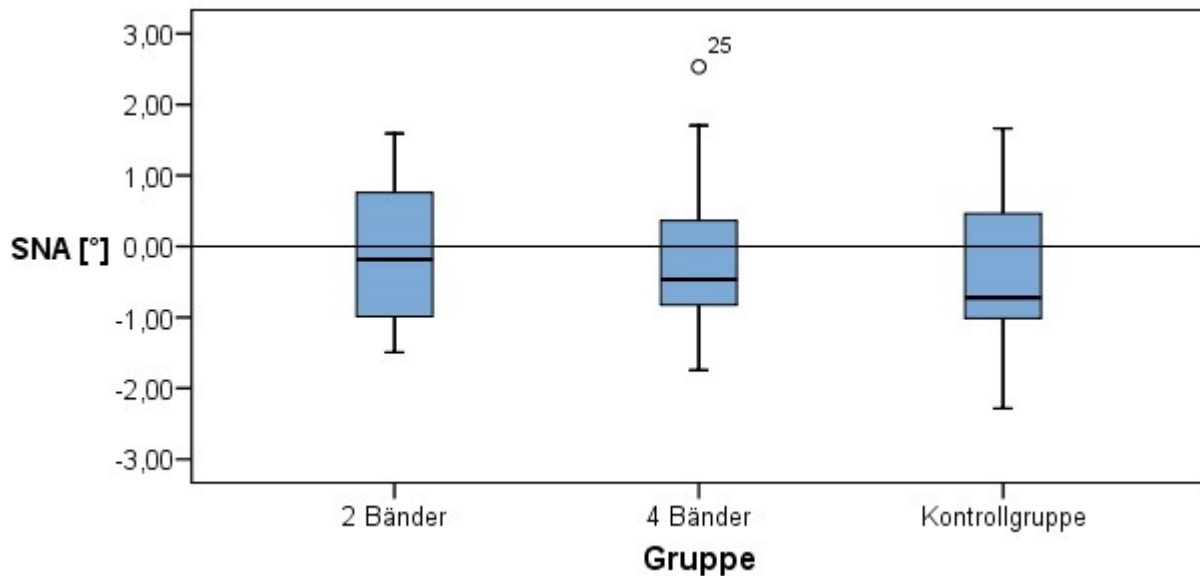


Abb. 16: Änderung des Winkels SNA zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Winkel Sella - Nasion - B-Punkt (SNB)**

Der SNB-Winkel unterschied sich zum Zeitpunkt  $t_0$  nicht signifikant zwischen den Gruppen. Er wurde in den behandelten Gruppen kleiner, in der Kontrollgruppe größer. Zwischen den Gruppen gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede in den Winkeländerungen.

[°]	<i>2 Bänder</i>	<i>4 Bänder</i>	<i>Kontrollgruppe</i>
$t_0 \pm SD$	76,46 ± 3,13	76,37 ± 3,42	76,55 ± 3,14
$t_1 \pm SD$	76,17 ± 3,13	76,31 ± 3,23	76,81 ± 3,64
<b>Differenz</b>	-0,29	-0,06	+0,26

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichungen von SNB zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

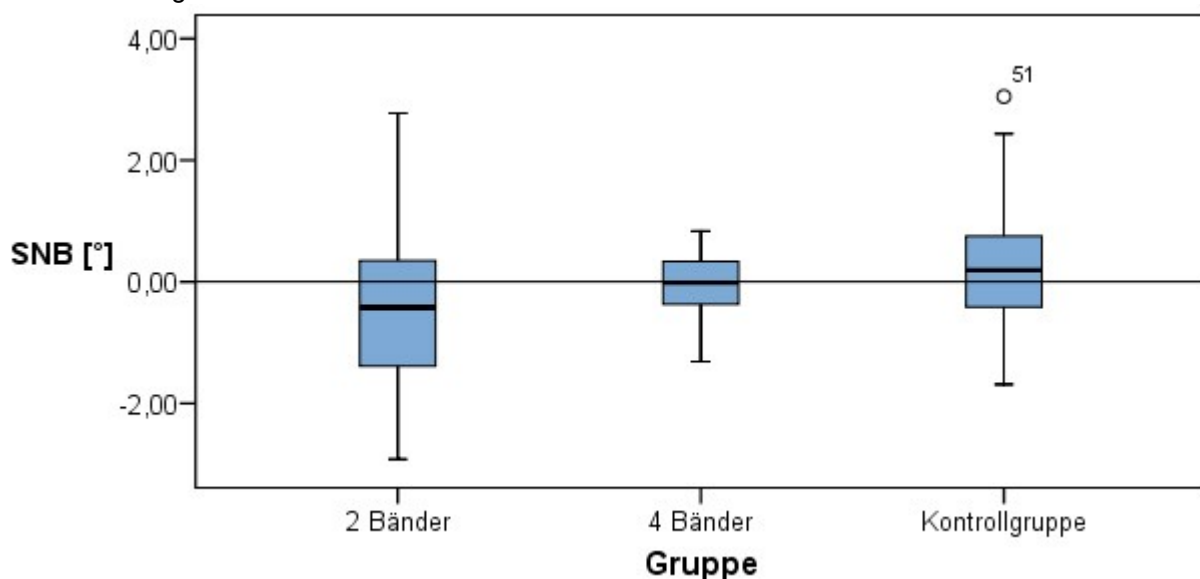


Abb. 17: Änderung des Winkels SNB zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Winkel Sella-Nasion-Pogonion (SNPg)

Der SNPg-Winkel, der bei  $t_0$  keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen aufwies, wurde in den behandelten Gruppen kleiner, in der Kontrollgruppe größer. Zwischen den Gruppen gab es jedoch keine signifikanten Unterschiede in den Winkeländerungen.

[°]	2 Bänder	4 Bänder	Kontrollgruppe
$t_0 \pm SD$	76,93 ± 3,22	76,81 ± 3,24	76,82 ± 3,68
$t_1 \pm SD$	76,72 ± 3,37	76,78 ± 3,06	77,07 ± 4,13
<b>Differenz</b>	-0,21	-0,03	+0,25

Tab. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen von SNPg zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

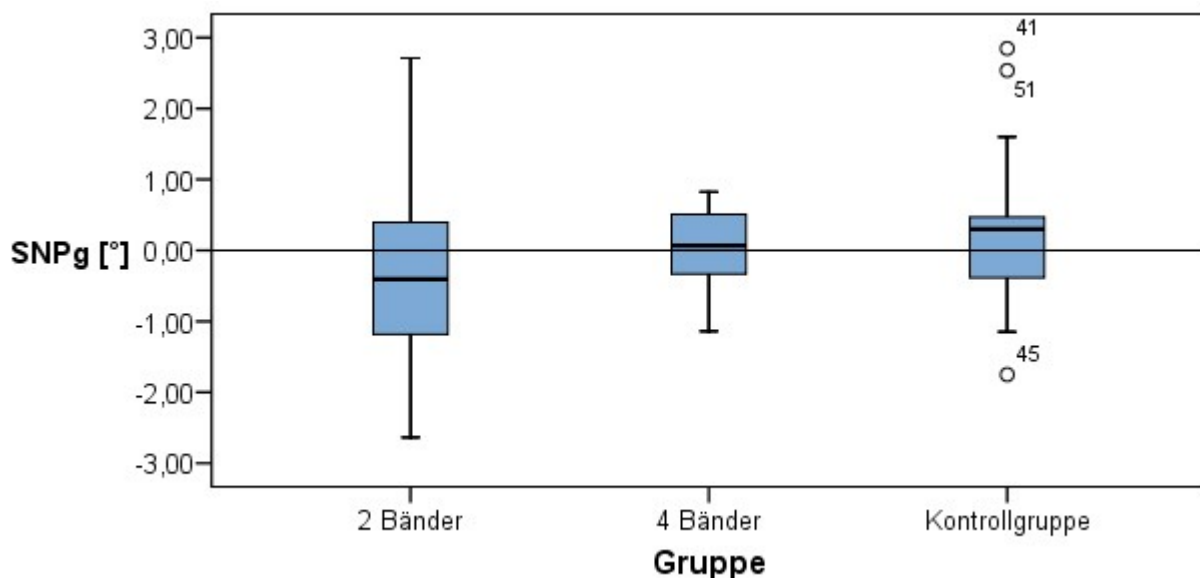


Abb. 18: Änderung des Winkels SNPg zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Winkel A-Punkt–Nasion–B-Punkt (ANB)

In den Mittelwerten des ANB-Winkels traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt  $t_0$  auf. Der ANB-Winkel wurde in der Gruppe "2 Bänder" größer, in den anderen beiden kleiner. Dabei war der Unterschied der Winkeländerungen zwischen der Gruppe "2 Bänder" und der Kontrollgruppe signifikant.

[°]	2 Bänder	4 Bänder	Kontrollgruppe
$t_0 \pm SD$	3,54 ± 1,88	3,70 ± 2,35	4,24 ± 2,02
$t_1 \pm SD$	3,73 ± 2,29	3,65 ± 2,25	3,59 ± 1,65
<b>Differenz</b>	+0,19	-0,05	-0,65

Tab. 4: Mittelwerte und Standardabweichungen von ANB zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

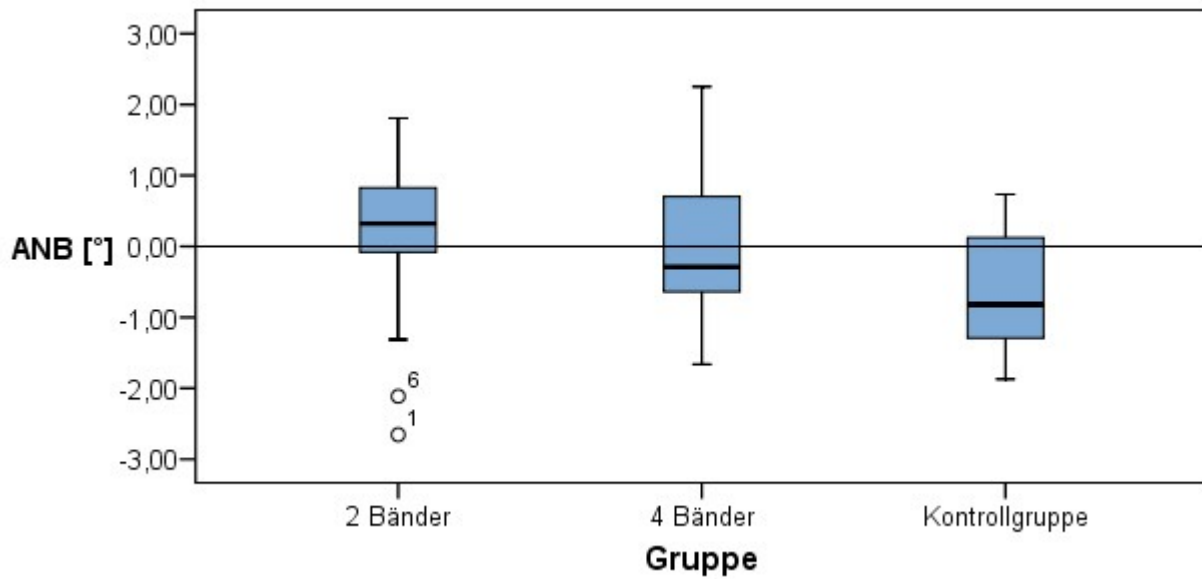


Abb. 19: Änderung des Winkels ANB zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**"Wits" appraisal of jaw disharmony (Wits-Wert)**

Der Wits-Wert war zum Zeitpunkt  $t_0$  in der Kontrollgruppe signifikant größer als in der Gruppe "2 Bänder". Er stieg in den behandelten Gruppen und sank in der Kontrollgruppe. Die Änderungen unterschieden sich zwischen den Gruppen aber nicht signifikant.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	-0,99 $\pm$ 1,73	-0,14 $\pm$ 2,68	0,74 $\pm$ 2,56
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	-0,51 $\pm$ 2,23	-0,13 $\pm$ 2,21	0,09 $\pm$ 2,16
<b>Differenz</b>	+0,48	+0,01	-0,65

Tab. 5: Mittelwerte und Standardabweichungen des Wits-Wertes zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

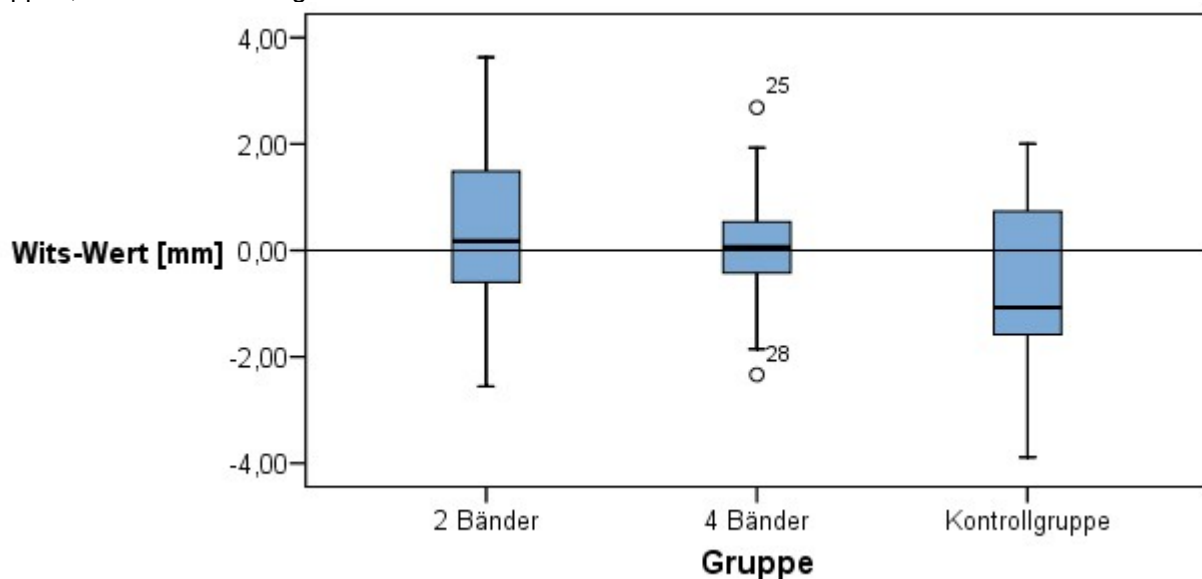


Abb. 20: Änderung des Wits-Wertes zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke Nperp-A**

Nperp-A wies bei  $t_0$  keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Die Strecke wurde in den behandelten Gruppen größer, in der Kontrollgruppe aber kleiner. Die Längenänderungen waren zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	0,06 $\pm$ 2,56	0,42 $\pm$ 2,89	-1,07 $\pm$ 2,50
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	0,46 $\pm$ 2,93	0,84 $\pm$ 2,89	-1,34 $\pm$ 3,05
<b>Differenz</b>	+0,40	+0,42	-0,27

Tab. 6: Mittelwerte und Standardabweichungen von Nperp-A zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

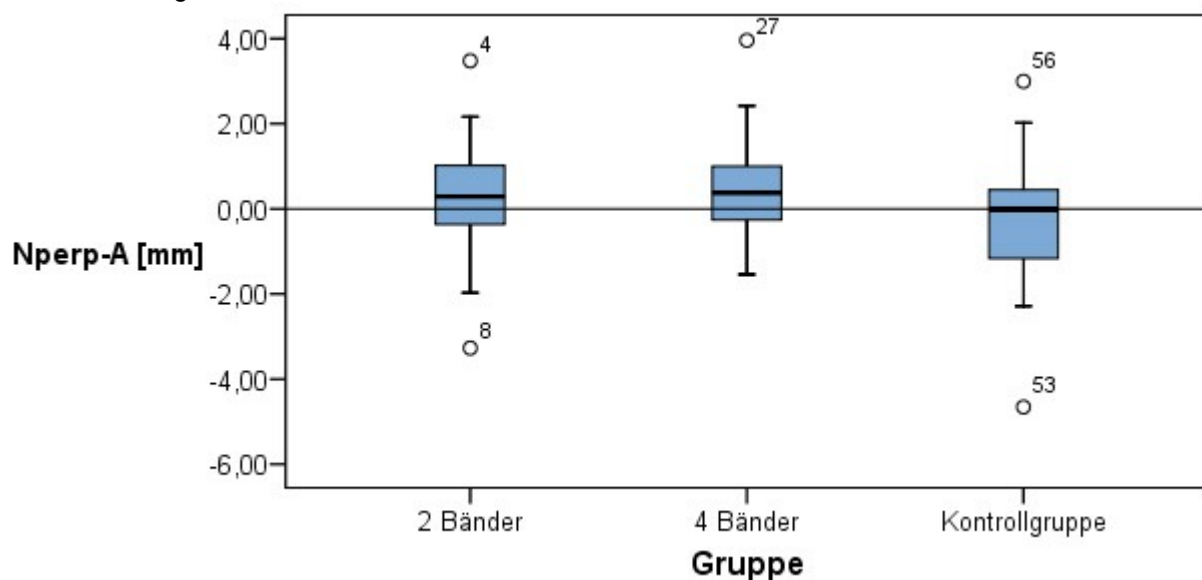


Abb. 21: Änderung der Strecke Nperp-A zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke Nperp-B**

Zum Untersuchungszeitpunkt  $t_0$  war der Wert von Nperp-B in der Gruppe "4 Bänder" signifikant, in der Gruppe "2 Bänder" sogar hoch signifikant größer als in der Kontrollgruppe. Die Strecke Nperp-B wurde in allen Gruppen größer. Die Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich der Änderung der Streckenlänge waren nicht signifikant.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	-5,13 $\pm$ 2,75	-4,83 $\pm$ 4,82	-7,73 $\pm$ 2,63
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	-4,90 $\pm$ 3,63	-4,22 $\pm$ 5,41	-7,56 $\pm$ 4,24
<b>Differenz</b>	+0,23	+0,61	+0,17

Tab. 7: Mittelwerte und Standardabweichungen von Nperp-B zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

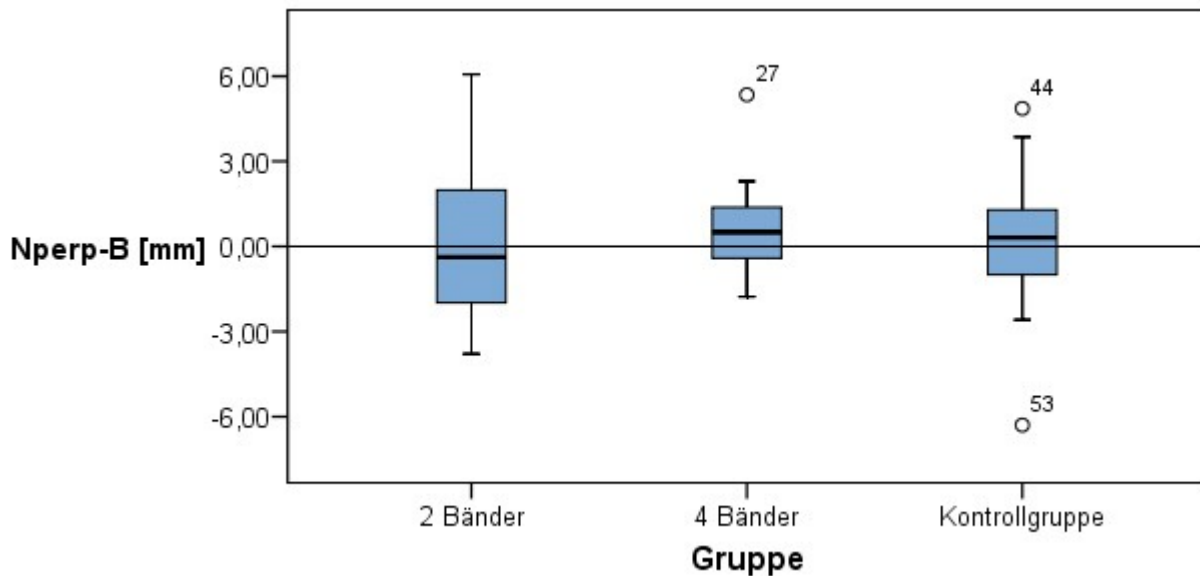


Abb. 22: Änderung der Strecke Nperp-B zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke Nperp-Pg**

Auch die Strecke Nperp-Pg nahm bei  $t_0$  in den behandelten Gruppen hoch signifikant größere Werte als in der Kontrollgruppe an. Sie wurde während des Untersuchungszeitraumes in allen Gruppen größer. Die Längenänderungen waren zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschiedlich.

[mm]	2 Bänder	4 Bänder	Kontrollgruppe
$t_0 \pm SD$	-5,01 ± 3,27	-4,68 ± 5,37	-8,65 ± 3,56
$t_1 \pm SD$	-4,65 ± 4,63	-3,93 ± 6,01	-8,50 ± 5,00
<b>Differenz</b>	+0,36	+0,75	+0,15

Tab. 8: Mittelwerte und Standardabweichungen von Nperp-Pg zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

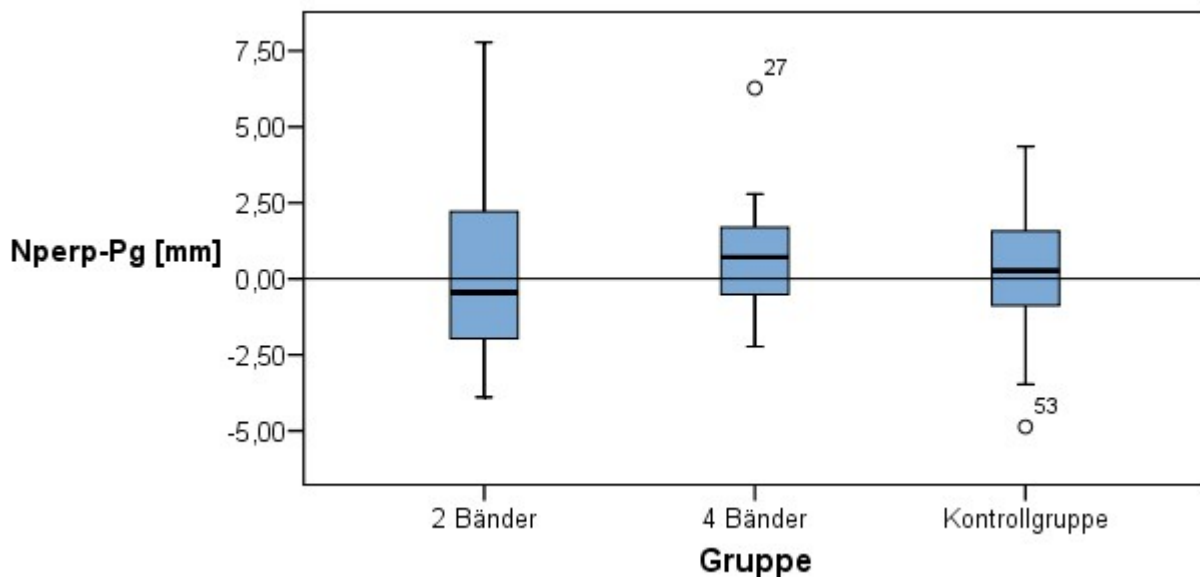


Abb. 23: Änderung der Strecke Nperp-Pg zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Strecke Spp-A

Es traten zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Streckenlänge von Spp-A zum Zeitpunkt  $t_0$  auf. Sie nahm bis  $t_1$  in allen Gruppen zu, wobei sich die Änderungen nicht signifikant voneinander unterschieden.

[mm]	2 Bänder	4 Bänder	Kontrollgruppe
$t_0 \pm SD$	42,92 $\pm$ 2,27	43,76 $\pm$ 1,99	42,67 $\pm$ 2,78
$t_1 \pm SD$	43,65 $\pm$ 2,71	44,30 $\pm$ 2,45	44,03 $\pm$ 3,08
<b>Differenz</b>	+0,73	+0,54	+1,36

Tab. 9: Mittelwerte und Standardabweichungen von Spp-A zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

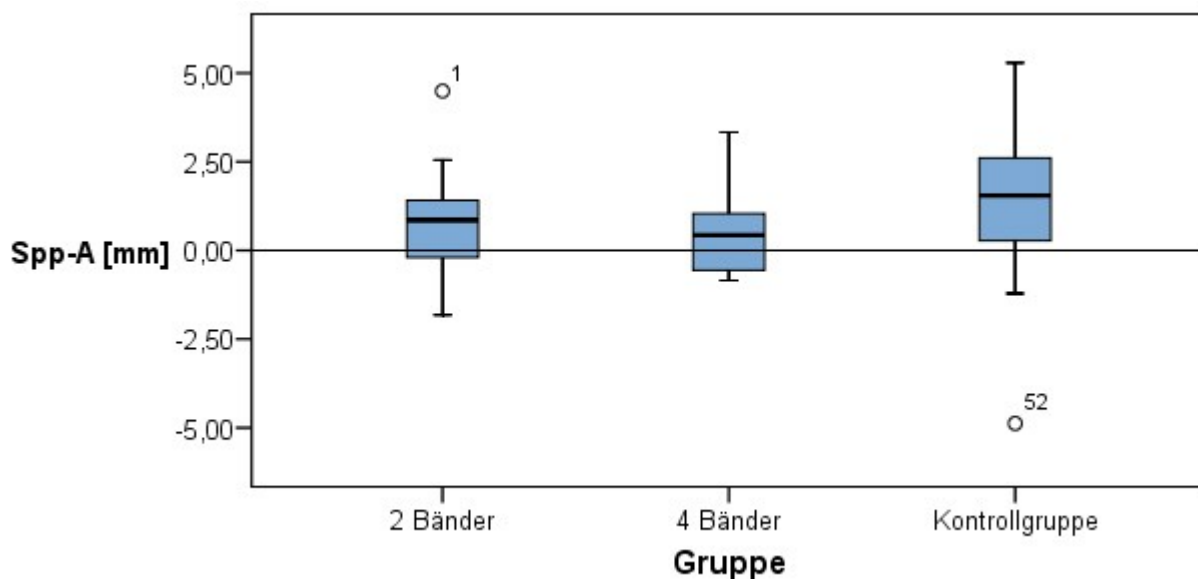


Abb. 24: Änderung der Strecke Spp-A zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### 4.3.2 Vertikale Messungen

#### Winkel NL/NSL

Der Winkel NL/NSL war bei  $t_0$  in der Gruppe "4 Bänder" signifikant größer als in der Kontrollgruppe. Er wuchs in allen drei Gruppen. Zwischen den Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede in der Änderung des Winkels.

[°]	2 Bänder	4 Bänder	Kontrollgruppe
$t_0 \pm SD$	7,85 $\pm$ 3,07	8,40 $\pm$ 2,90	6,54 $\pm$ 2,36
$t_1 \pm SD$	8,34 $\pm$ 3,69	8,45 $\pm$ 2,72	6,92 $\pm$ 2,70
<b>Differenz</b>	+0,49	+0,05	+0,38

Tab. 10: Mittelwerte und Standardabweichungen von NL/NSL zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$



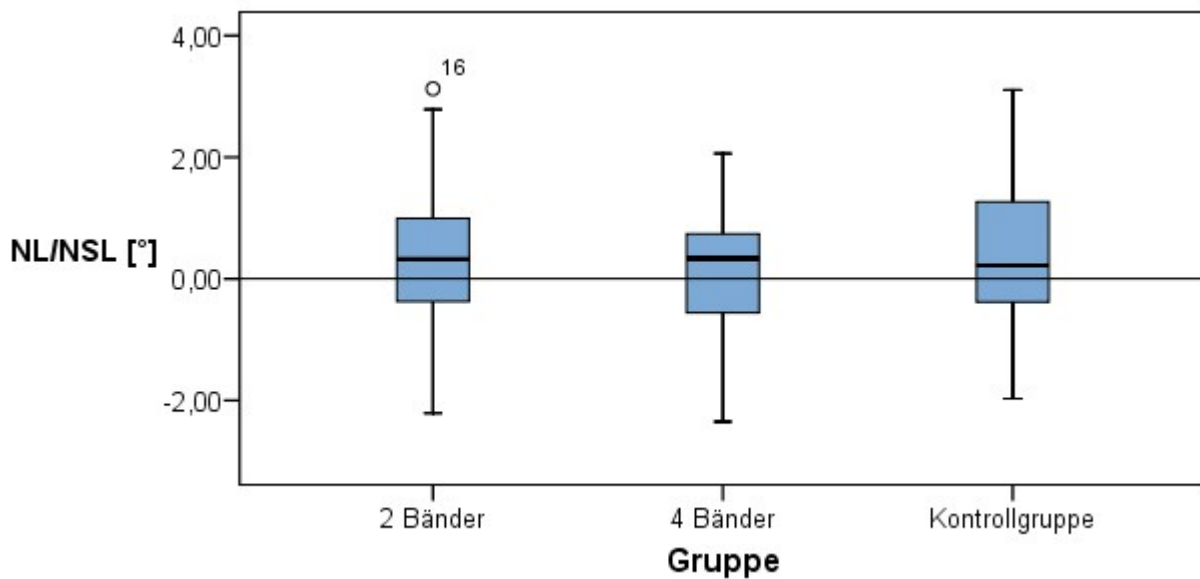


Abb. 25: Änderung des Winkels NL/NSL zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Winkel ML/NSL**

Der Winkel ML/NSL war bei Anfertigung des ersten FRS in der Kontrollgruppe signifikant kleiner als in der Gruppe "4 Bänder". Er wurde in allen drei Gruppen größer, wobei es keine signifikanten Unterschiede in den Winkeländerungen zwischen den Gruppen gab.

[°]	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	35,84 ± 5,00	36,49 ± 5,24	33,08 ± 5,25
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	36,46 ± 5,01	36,86 ± 5,33	33,17 ± 5,69
<b>Differenz</b>	+0,62	+0,37	+0,09

Tab. 11: Mittelwerte und Standardabweichungen von ML/NSL zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

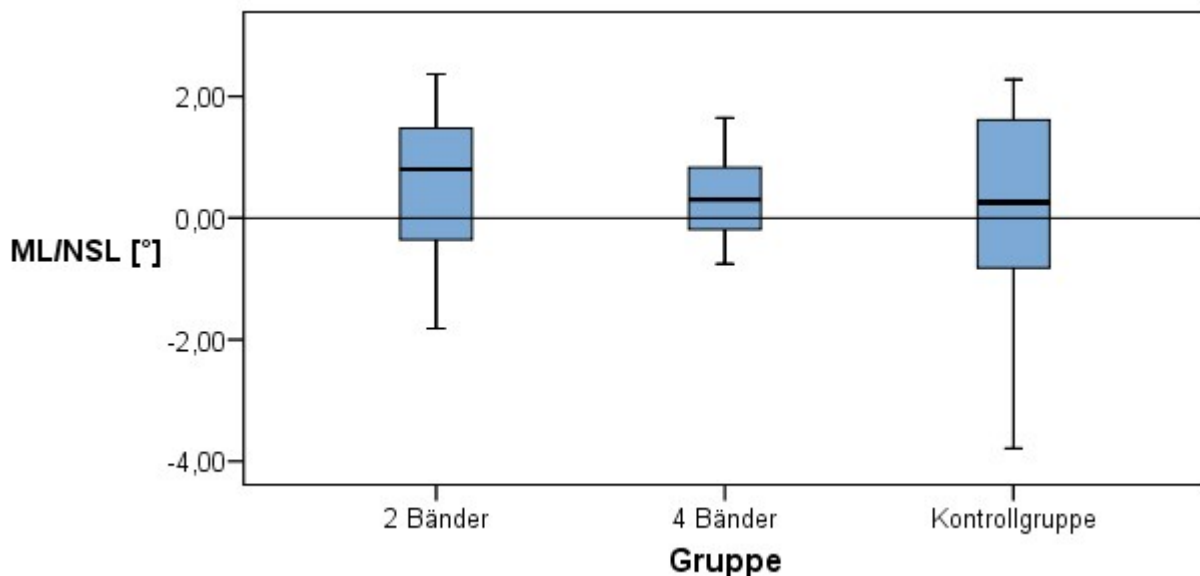


Abb. 26: Änderung des Winkels ML/NSL zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Winkel ML/NL

Der Kieferbasiswinkel wies zum Zeitpunkt  $t_0$  keine Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Er wurde in den behandelten Gruppen größer, in der Kontrollgruppe kleiner. Die Unterschiede der Winkeländerungen zwischen den Gruppen waren aber nicht signifikant.

[°]	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
$t_0 \pm SD$	27,98 ± 4,54	28,09 ± 4,15	26,54 ± 4,72
$t_1 \pm SD$	28,12 ± 4,83	28,40 ± 4,54	26,24 ± 4,95
<b>Differenz</b>	+0,14	+0,31	-0,30

Tab. 12: Mittelwerte und Standardabweichungen von ML/NL zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

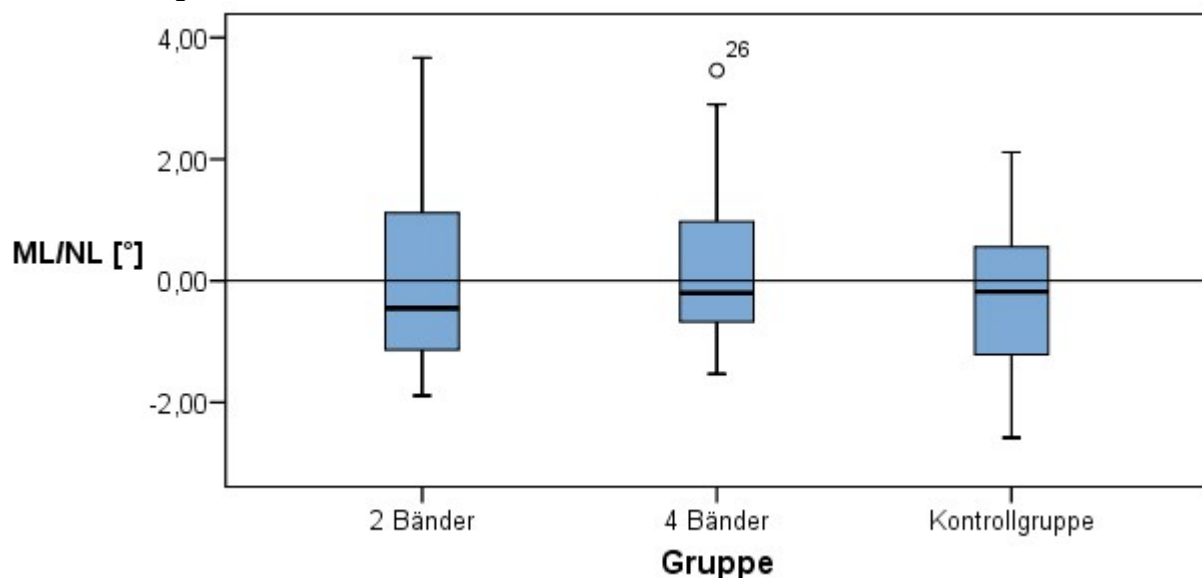


Abb. 27: Änderung des Winkels ML/NL zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Winkel OP/NSL

Der Winkel OP/NSL, der sich bei  $t_0$  nicht signifikant zwischen den Gruppen unterschied, wurde in den behandelten Gruppen größer, in der Kontrollgruppe kleiner. Es gab keine signifikanten Unterschiede seiner Änderungen zwischen den einzelnen Gruppen.

[°]	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
$t_0 \pm SD$	20,28 ± 3,53	19,06 ± 3,09	18,34 ± 3,73
$t_1 \pm SD$	20,18 ± 4,00	19,21 ± 3,18	18,28 ± 4,15
<b>Differenz</b>	+0,10	+0,15	-0,06

Tab. 13: Mittelwerte und Standardabweichungen von OP/NSL zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

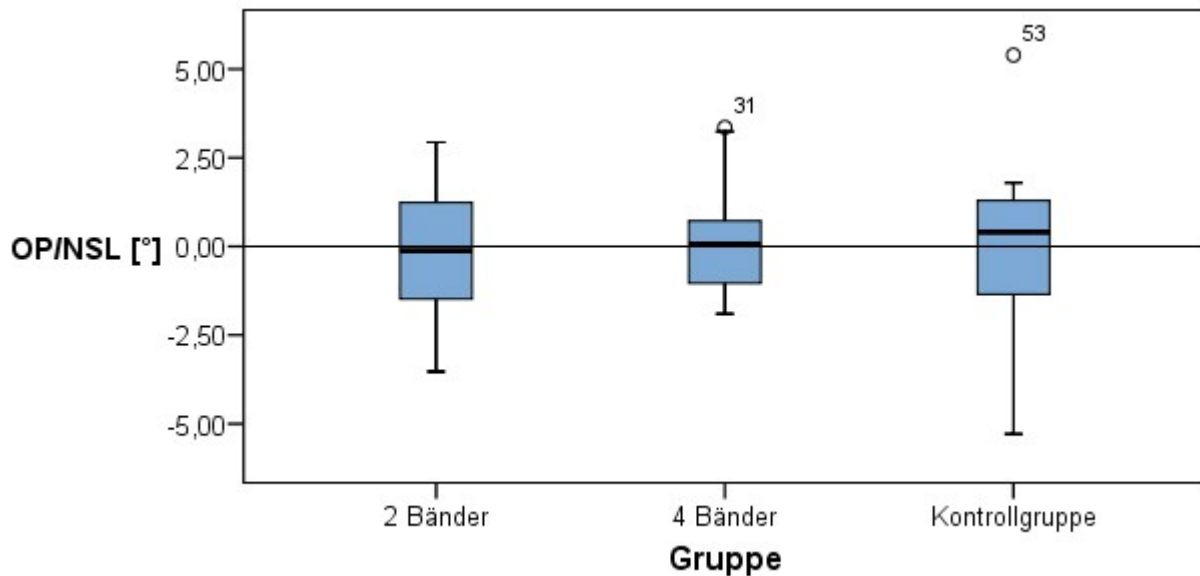


Abb. 28: Änderung des Winkels OP/NSL zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Winkel MeGoAr**

Der Kieferwinkel war bei Anfertigung des ersten FRS in der Kontrollgruppe signifikant kleiner als in den behandelten Gruppen. In letzteren wurde er bis  $t_1$  kleiner, in der Kontrollgruppe deutlich größer. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren jedoch in Bezug auf die Winkeländerungen nicht signifikant.

[°]	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
$t_0 \pm SD$	128,36 ± 5,48	128,06 ± 5,55	124,68 ± 3,64
$t_1 \pm SD$	127,97 ± 6,01	128,02 ± 5,93	126,06 ± 3,05
<b>Differenz</b>	-0,39	-0,04	+1,38

Tab. 14: Mittelwerte und Standardabweichungen von MeGoAr zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

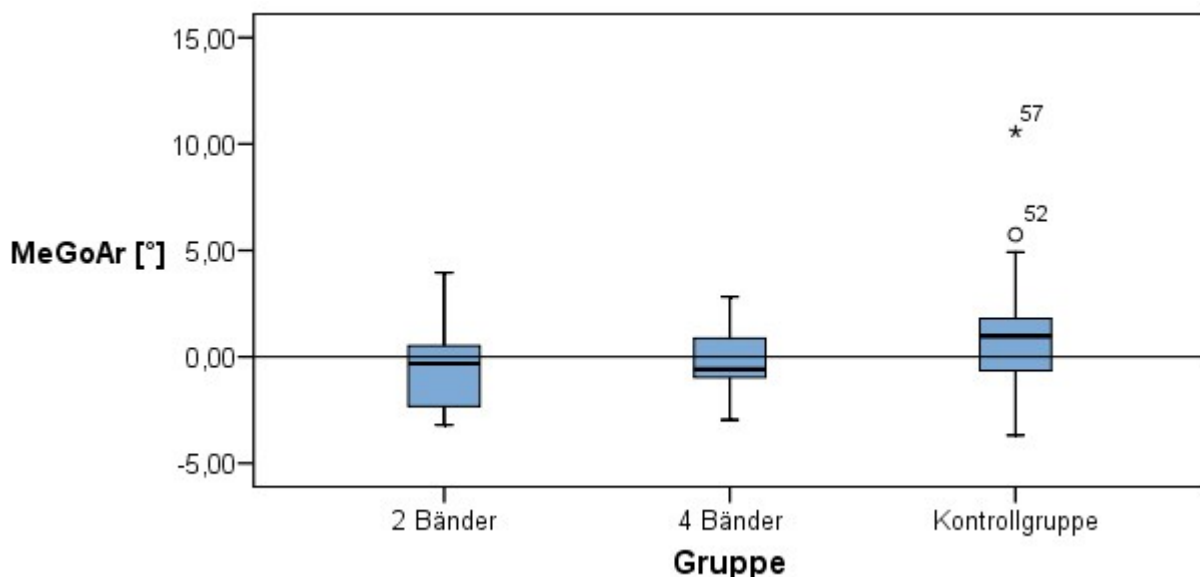


Abb. 29: Änderung des Winkels MeGoAr zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Strecke NL-CpMOK

Die Länge der Strecke NL-CpMOK war in der Kontrollgruppe bei  $t_0$  signifikant kleiner als in der Gruppe "4 Bänder". Sie nahm in allen Gruppen zu, wobei sich die Änderungen nicht signifikant zwischen den Gruppen unterschieden.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	17,44 $\pm$ 1,75	17,97 $\pm$ 1,93	16,70 $\pm$ 1,94
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	17,93 $\pm$ 2,20	18,36 $\pm$ 1,99	17,64 $\pm$ 1,92
<b>Differenz</b>	+0,49	+0,39	+0,94

Tab. 15: Mittelwerte und Standardabweichungen von NL-CpMOK zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

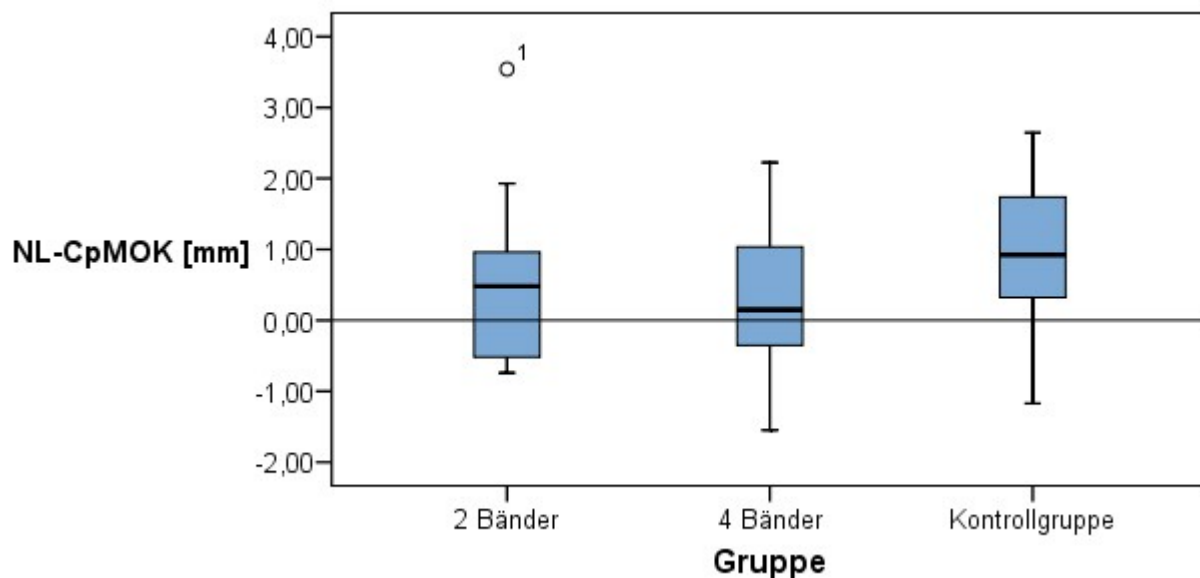


Abb. 30: Änderung der Strecke NL-CpMOK zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Strecke ML-CpMUK

Die Länge der Strecke ML-CpMUK wies zum Untersuchungszeitpunkt  $t_0$  keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf und nahm dann in allen drei Gruppen zu, wobei die Zunahme in der Gruppe "4 Bänder" signifikant schwächer als in der Kontrollgruppe war.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	25,65 $\pm$ 1,71	25,70 $\pm$ 2,00	26,14 $\pm$ 1,84
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	26,47 $\pm$ 1,61	26,10 $\pm$ 2,30	27,33 $\pm$ 1,72
<b>Differenz</b>	+0,82	+0,40	+1,19

Tab. 16: Mittelwerte und Standardabweichungen von ML-CpMUK zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

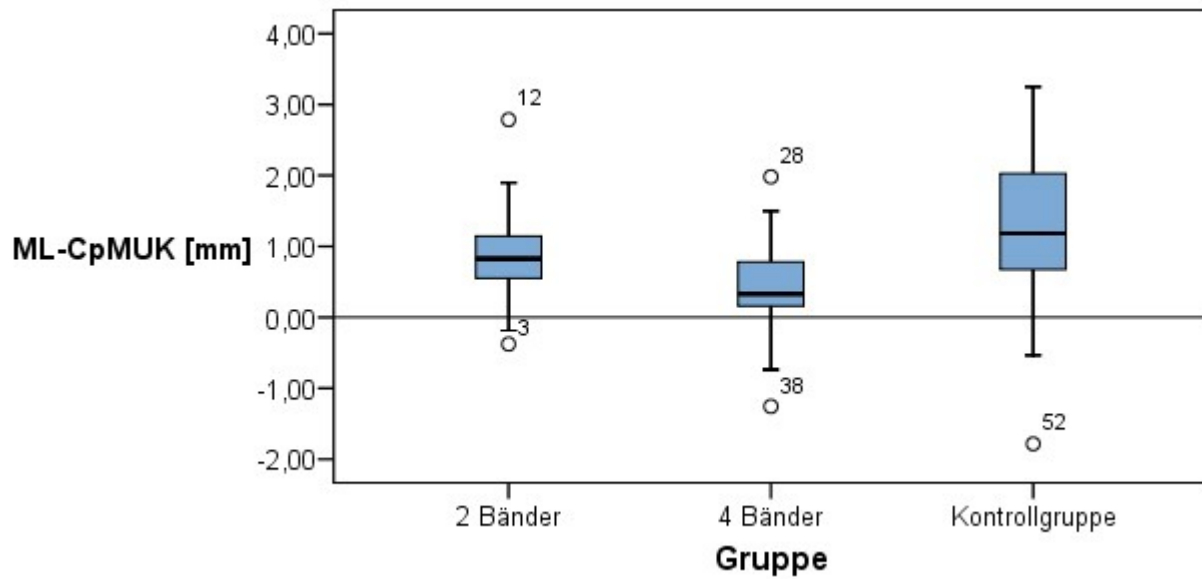


Abb. 31: Änderung der Strecke ML-CpMUK zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke NSL-Spa**

Bei  $t_0$  traten bezüglich NSL-Spa keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Die Strecke wurde in allen drei Gruppen länger. Es gab keine signifikanten Unterschiede im Ausmaß der Längenzunahme zwischen den Gruppen.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	43,30 $\pm$ 2,52	43,60 $\pm$ 3,10	43,35 $\pm$ 2,10
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	45,47 $\pm$ 2,52	45,07 $\pm$ 2,91	45,51 $\pm$ 1,99
<b>Differenz</b>	+2,17	+1,47	+2,16

Tab. 17: Mittelwerte und Standardabweichungen von NSL-Spa zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

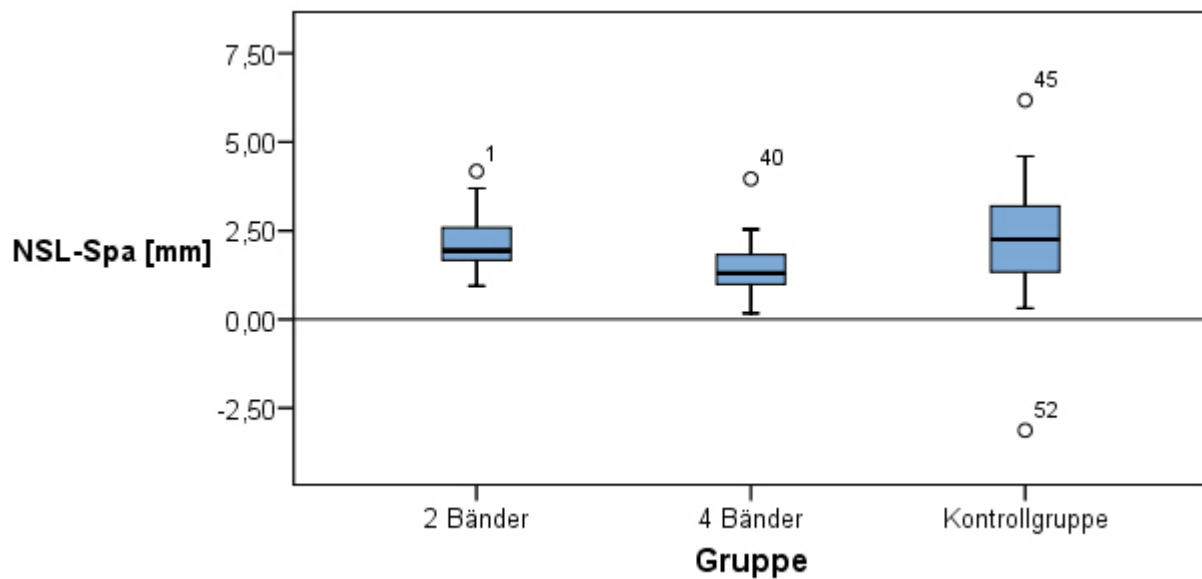


Abb. 32: Änderung der Strecke NSL-Spa zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke NSL-Spp**

Die Mittelwerte der Streckenlängen von NSL-Spp unterschieden sich bei  $t_0$  nicht signifikant zwischen den untersuchten Gruppen und wurden bis  $t_1$  in allen größer. Es gab auch keine signifikanten Unterschiede im Ausmaß der Längenzunahme zwischen den drei Gruppen.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	37,11 $\pm$ 2,64	36,75 $\pm$ 2,18	38,14 $\pm$ 2,64
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	38,81 $\pm$ 2,78	38,12 $\pm$ 1,92	39,87 $\pm$ 2,38
<b>Differenz</b>	+1,70	+1,37	+1,73

Tab. 18: Mittelwerte und Standardabweichungen von NSL-Spp zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

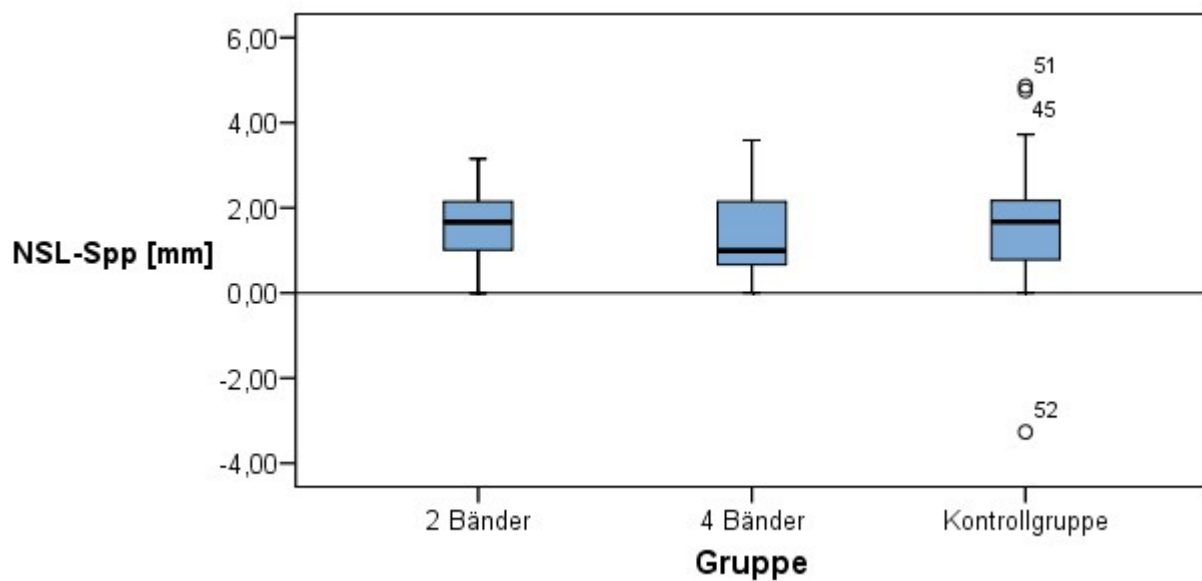


Abb. 33: Änderung der Strecke NSL-Spp zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke ML-Spa**

Der Anfangsbefund zeigte zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede in der Länge der Strecke ML-Spa, die allen drei Gruppen zunahm, wobei sich die Änderungen nicht signifikant zwischen den Gruppen unterschieden.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	55,97 $\pm$ 3,71	56,07 $\pm$ 3,95	55,51 $\pm$ 3,93
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	57,31 $\pm$ 3,99	56,88 $\pm$ 4,17	57,50 $\pm$ 3,71
<b>Differenz</b>	+1,34	+0,81	+1,99

Tab. 19: Mittelwerte und Standardabweichungen von ML-Spa zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

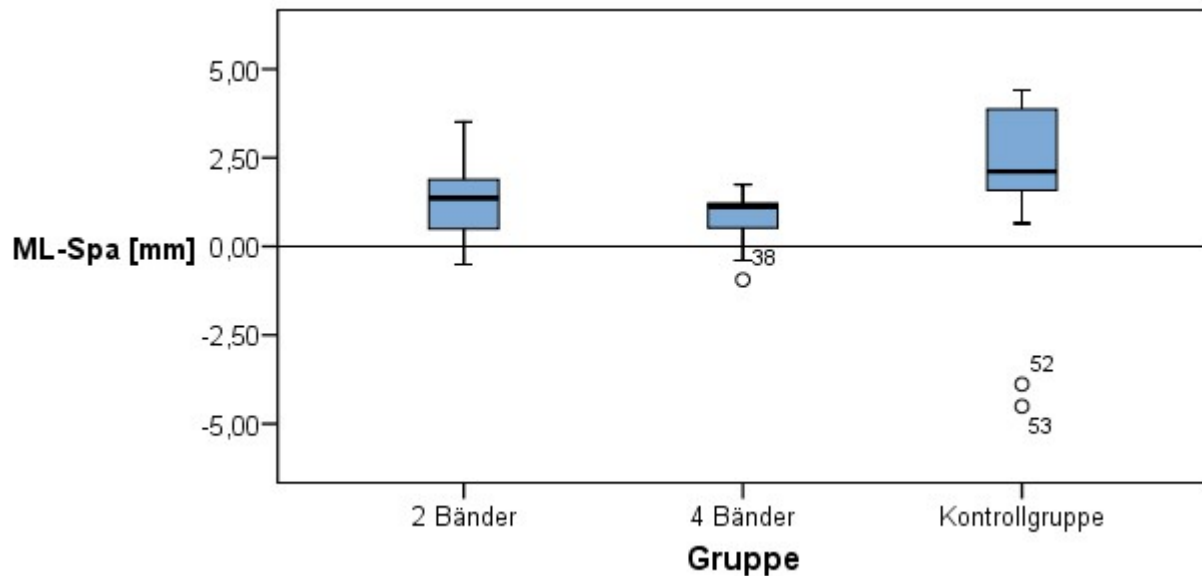


Abb. 34: Änderung der Strecke ML-Spa zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

**Strecke ML-Spp**

Die Strecke ML-Spp, deren Länge sich bei  $t_0$  nicht signifikant zwischen den Gruppen unterschied, wurde in allen drei Gruppen größer. Die Längenzunahme war in der Gruppe "4 Bänder" hoch signifikant kleiner als in der Kontrollgruppe.

<b>[mm]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	34,69 ± 3,28	34,15 ± 3,00	35,05 ± 3,13
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	35,61 ± 3,52	34,59 ± 2,91	36,78 ± 2,50
<b>Differenz</b>	+0,92	+0,44	+1,73

Tab. 20: Mittelwerte und Standardabweichungen von ML-Spp zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

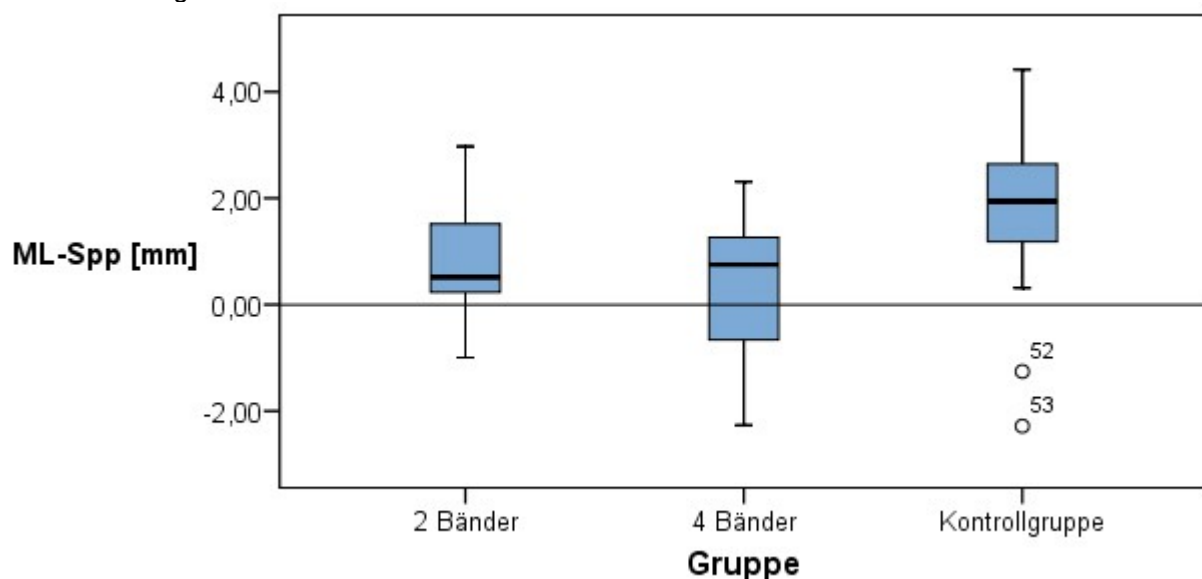


Abb. 35: Änderung der Strecke ML-Spp zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen

### Streckenverhältnis S-Go/N-Me

Das Verhältnis der Länge der Strecke S-Go zur Länge der Strecke N-Me wies zum Untersuchungszeitpunkt  $t_0$  in der Kontrollgruppe einen signifikant höheren Wert als in der Gruppe "4 Bänder" auf. Das Längenverhältnis wurde in der Gruppe "2 Bänder" kleiner, in der Gruppe "4 Bänder" und der Kontrollgruppe jedoch größer. Die Änderung in der Gruppe "2 Bänder" unterschied sich hierbei hoch signifikant, die in der Gruppe "4 Bänder" signifikant von derjenigen in der Kontrollgruppe.

<b>[%]</b>	<b>2 Bänder</b>	<b>4 Bänder</b>	<b>Kontrollgruppe</b>
<b><math>t_0 \pm SD</math></b>	62,00 $\pm$ 4,56	60,83 $\pm$ 4,17	64,13 $\pm$ 4,73
<b><math>t_1 \pm SD</math></b>	61,68 $\pm$ 4,44	60,84 $\pm$ 3,92	65,08 $\pm$ 4,73
<b>Differenz</b>	-0,32	+0,01	+0,95

Tab. 21: Mittelwerte und Standardabweichungen von S-Go/N-Me zu den Zeitpunkten  $t_0$  und  $t_1$  in den 3 Gruppen, darunter Änderungen von  $t_0$  nach  $t_1$

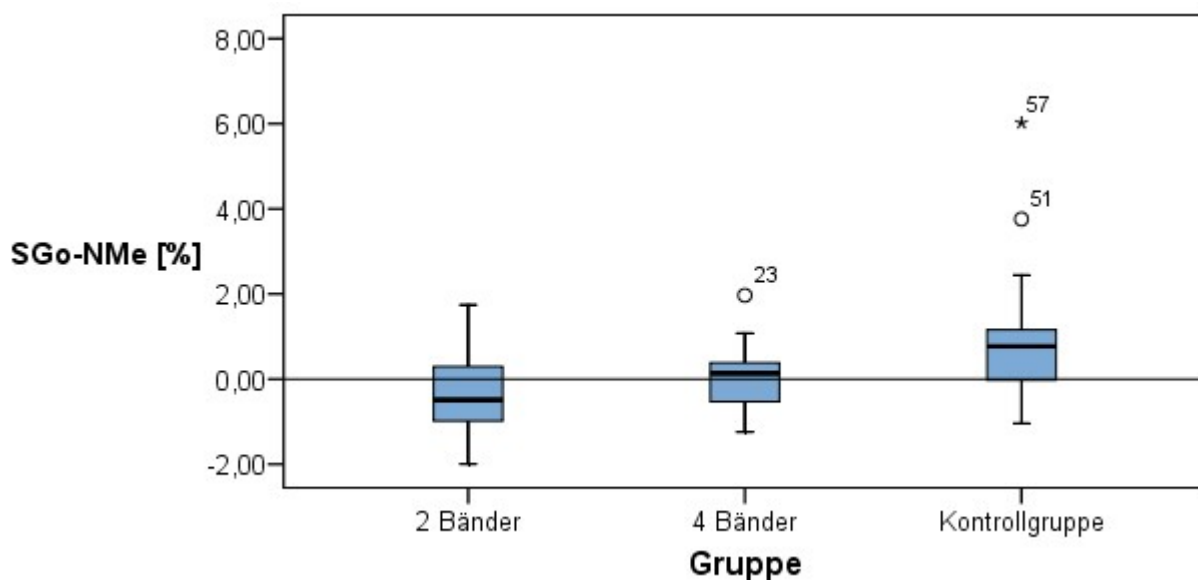


Abb. 36: Änderung des Streckenverhältnisses S-Go/N-Me zwischen  $t_0$  und  $t_1$  in den verschiedenen Gruppen



#### **4.4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse**

Zum Untersuchungszeitpunkt  $t_0$  wies der Wits-Wert in der Gruppe "2 Bänder" einen signifikant kleineren Mittelwert als in der Kontrollgruppe auf. Die Mittelwerte der Strecken Nperp-B und Nperp-Pg waren hoch signifikant größer. In der Gruppe "4 Bänder" war Nperp-B signifikant, Nperp-Pg sogar hoch signifikant größer als in der Kontrollgruppe. Die behandelten Gruppen zeigten bei  $t_0$  keine signifikanten Unterschiede für die sagittalen Messungen.

Zwischen der Gruppe "2 Bänder" und der Kontrollgruppe bestand für den Winkel ANB ein signifikanter Unterschied in der Änderung des Mittelwertes von  $t_0$  nach  $t_1$ . Er nahm in ersterer um  $0,19^\circ$  zu, in letzterer um  $0,65^\circ$  ab. Zwischen der Gruppe "4 Bänder" und der Kontrollgruppe traten bei den sagittalen Messungen keine Unterschiede bezüglich Änderungen der Mittelwerte auf. Gleiches gilt für den Vergleich der beiden behandelten Gruppen.

Der Winkel MeGoAr zeigte zum Untersuchungszeitpunkt  $t_0$  in der Gruppe "2 Bänder" einen signifikant größeren Mittelwert als in der Kontrollgruppe. In der Gruppe "4 Bänder" ergab sich bei  $t_0$  für das Streckenverhältnis S-Go/N-Me ein signifikant kleinerer Mittelwert als in der Kontrollgruppe. Für die Variablen NL/NSL, ML/NSL, MeGoAr und NL-CpMOK lagen dagegen signifikant größere Mittelwerte vor. Zwischen den Gruppen "2 Bänder" und "4 Bänder" gab es für keine vertikale Messung signifikante Unterschiede zum Zeitpunkt  $t_0$ .

Die Änderungen des Streckenverhältnisses S-Go/N-Me, das sich in der Gruppe "2 Bänder" um 0,32% verringerte, sich in der Kontrollgruppe hingegen um 0,95% vergrößerte, unterschieden sich hoch signifikant. In der Gruppe "4 Bänder" erhöhten sich die Mittelwerte der Variablen ML-CpMUK und S-Go/N-Me zwischen  $t_0$  und  $t_1$  signifikant schwächer, der Mittelwert von ML-Spp sogar hoch signifikant schwächer als in der Kontrollgruppe. So vergrößerte sich ML-CpMUK um 0,40 bzw. 1,19 mm, S-Go/N-Me um 0,01 bzw. 0,95 % und ML-Spp um 0,44 bzw. 1,73 mm. Für keine vertikale Messung ergab sich zwischen den Gruppen "2 Bänder" und "4 Bänder" in den Mittelwertänderungen während des Untersuchungszeitraumes ein signifikanter Unterschied.

## 5. Diskussion

### 5.1 *Material*

Fernröntgenseitenbilder stellen eines der wichtigsten diagnostischen Hilfsmittel in der Kieferorthopädie dar. Sie werden im Rahmen der Erstellung von Anfangs- und Zwischenbefunden routinemäßig angefertigt. Weiterhin sind lange Aufbewahrungsfristen für Röntgenaufnahmen vorgeschrieben. Daher konnte für die vorliegende Untersuchung auf eine große Anzahl potentiell geeigneter Fälle zurückgegriffen werden. Aufgrund der retrospektiven Natur der Studie war es aber nicht möglich, die Patienten randomisiert den einzelnen Gruppen zuzuordnen, wodurch die Evidenz geschmälert wurde.

Um eine möglichst große Aussagekraft zu erhalten, wurden strenge Auswahlkriterien bezüglich Patientenalter, Behandlungsmodalitäten und Zeitpunkt der Röntgenaufnahmen aufgestellt. Dadurch mussten Patienten vor allem wegen einer abweichenden Gestaltung der Behandlungsapparatur, einer weiteren aktiven Therapie im Seitenzahnbereich vor Anfertigung des ersten Zwischenbefundes und im geforderten Zeitraum nicht angefertigter Zwischenbefunde ausgeschlossen werden. Nach Anwendung der Kriterien konnten 19 Patienten in die Gruppe "2 Bänder" und 21 Patienten in die Gruppe "4 Bänder" aufgenommen werden. Diese Gruppengrößen sind mit denen anderer Untersuchungen zur Wirkung der GNE vergleichbar [69]. Eine größere Patientenzahl wäre zwar wünschenswert gewesen, aber wegen der dazu notwendigen Aufweichung der Kriterien mit einem Verlust an Homogenität der Gruppen und damit an Aussagekraft einhergegangen.

Bei der Konstruktion der verwendeten Apparatur wurden die anterioren Retentionsarme an die Palatinalflächen der ersten Prämolaren bzw. Molaren der ersten Dentition angelegt. Somit unterschied sich die 2-Band-Apparatur von denjenigen, die in anderen Publikationen [25, 70, 28] beschrieben sind, wobei auch zwischen diesen Studien Konstruktionsunterschiede bestanden. Da aber sogar zwischen den durch 2- und 4-Band-Apparatur bewirkten Änderungen keine Unterschiede festgestellt werden konnten, ist zu vermuten, dass sich diese vergleichsweise geringen Abweichungen nicht im Fernröntgenseitenbild bemerkbar machen.

Die Kontrollgruppe diente der Identifikation der unter dem Einfluss des natürlichen

Wachstums stattfindenden Änderungen.

Sie bestand aus unbehandelten Patienten, die bezüglich Alter und Untersuchungsintervall den behandelten Gruppen glichen. Unbehandelte Patienten mit einseitigem Kreuzbiss hätten eine optimale Kontrollgruppe dargestellt, waren aber nicht verfügbar, weswegen Fernröntgenseitenbilder von Patienten mit transversaler Neutralokklusion verwendet wurden.

Die Fernröntgenseitenbilder wurden vor der GNE und spätestens zwei Jahre nach Abnahme der Apparatur angefertigt. In diesem Zeitraum fand neben der GNE keine weitere aktive kieferorthopädische Therapie im Seitenzahnbereich statt. Zudem konnten auf dem natürlichen Wachstum basierende Änderungen durch einen Vergleich mit der Kontrollgruppe eliminiert werden.

Das zweite FRS wurde durchschnittlich 374 Tage nach dem Einsetzen der Apparatur aufgenommen. Nach dieser Zeit hatte bereits ein Großteil des Rezidivs stattgefunden [78], weshalb die erhaltenen Ergebnisse eine relativ stabile Basis für die weitere Therapie darstellen.

Die Erhebung von Zwischenbefunden direkt nach der aktiven Phase zur Erkennung kurzfristiger Wirkungen ist im klinischen Alltag nicht üblich und war aufgrund der retrospektiven Natur der Untersuchung nicht durchführbar. Auch eine Langzeituntersuchung war wegen der der GNE nachfolgenden uneinheitlichen Behandlung und der durch die Einführung weiterer Kriterien zu geringen Patientenzahl nicht möglich.

## **5.2 Methode**

Bei der Zusammenstellung der Fernröntgenanalyse wurde neben den etablierten Methoden nach HASUND [50] und MCNAMARA [75] auf bereits in anderen Publikationen zur GNE genutzte Messungen [25, 24] zurückgegriffen. Dadurch waren die Zweckmäßigkeit und Vergleichbarkeit der eigenen Methode gewährleistet.

Zur statistischen Auswertung diente die einfaktorielle Varianzanalyse. Damit erfolgte erstens ein Gegenüberstellung der Ausgangswerte der drei Gruppen, um neben Alter und Untersuchungszeitraum ein weiteres Maß für deren Vergleichbarkeit zu erhalten.

Zweitens wurden die Differenzen der Werte zu  $t_1$  und  $t_0$  zwischen den Gruppen verglichen. Dies ermöglichte die Sichtbarmachung der Therapiewirkungen unter Ausschaltung von

Wachstumseinflüssen und den Vergleich der Effekte der beiden Apparaturen.

Eine Analyse der Veränderungen innerhalb einer Gruppe erschien aufgrund der Nichtbeachtung von Wachstumswirkungen nicht sinnvoll. Auch der Vergleich der Gruppen zum Zeitpunkt  $t_1$  wäre wegen verschiedener Ursprungswerte nicht aussagekräftig gewesen.

### **5.3 Fehleranalyse**

Unter der Voraussetzung, dass der Patient im Kephalostat positioniert wird, was bei den verwendeten Aufnahmen der Fall war, sind radiographische Fehler bei Fernröntgen-seitenbildern vernachlässigbar klein [55].

Messfehler bei der Bestimmung von Winkeln und Strecken konnten durch eine computergestützte Auswertung eliminiert werden [23].

Fehler bei der Lokalisation kephalometrischer Messpunkte spielen dagegen eine große Rolle und führen zu Ungenauigkeiten der gemessenen Variablen [55]. Um diese zu minimieren, wurden möglichst eindeutige Punktdefinitionen benutzt und die Auswertung von nur einer Person durchgeführt [5].

Der Fehler einer kephalometrischen Messung beinhaltet die Fehler aller dazu benutzten Punkte, wobei deren Streuungswolken und bei Winkelmessungen auch deren Entfernungen zueinander von Bedeutung sind [95, 5]. Somit ist er nicht für alle Messungen gleich [6]. Deshalb wurden, um für jede Variable einen Wert für die Messgenauigkeit und dessen Bedeutung für die Zuverlässigkeit der Variablen zu erhalten, der Methodenfehler nach Dahlberg und der Zuverlässigkeitskoeffizient nach Houston errechnet. Dies erscheint sinnvoller als die Fehlerberechnung für einzelne Messpunkte [5, 54].

Die erhaltenen Werte für den Methodenfehler lagen zwischen 0,29 und 1,59 mm und damit im Rahmen der in der Literatur genannten [23, 5]. So liegt der Methodenfehler laut BATTAGEL [5] bei der Verwendung gut identifizierbarer Punkte im Bereich von 0,5 mm bzw. °, er kann jedoch bei schwer lokalisierbaren Punkten oder Winkelmessungen zwischen nahe beieinanderliegenden Punkten größer als 2 mm bzw. ° werden.

Der größte Methodenfehler trat bei der Messung der Strecke  $N_{\text{perp}}-P_g$  auf. Er betrug 1,59 mm. In einer Untersuchung von CHEN et al. [23] betrug der mittlere Abstand der Einzelauswertungen zu ihrem Mittelwert für diese Variable 1,58 mm. Neben  $N_{\text{perp}}-P_g$  wies auch  $N_{\text{perp}}-B$  mit 1,39 mm einen relativ großen Methodenfehler auf. Für beide

Messungen werden zur Konstruktion der Frankfurter Horizontalen die Punkte Porion und Orbitale benötigt. Diese sind bilaterale Bezugspunkte, bei denen Doppelkonturen eine eindeutige Bestimmung erschweren können [86]. So betragen die Lokalisationsfehler laut HAGEMANN et al. [46] bei digitalen Aufnahmen 1,32 mm für Orbitale bzw. 1,36 mm für Porion und sind damit überdurchschnittlich groß (Durchschnitt 1,00 mm). Weiterhin liegen Pogonion und der B-Punkt in relativ großer Entfernung zum Punkt Nasion. Kleine Unterschiede in der Orientierung der Frankfurter Horizontalen und somit der Linie Nperp haben deshalb deutliche Auswirkungen auf die genannten Messungen.

Der Zuverlässigkeitskoeffizient nach Houston war für die Variable Spp-A mit 0,89 am kleinsten. Für alle anderen Variablen lagen die Werte bei mindestens 0,90. Sie waren damit mit den von BATTAGEL [5] genannten vergleichbar.

Die Ergebnisse statistischer Tests dürfen nicht unkritisch interpretiert werden, weil hier die mit der Methode assoziierten Fehler nicht berücksichtigt werden, obwohl sie zur Gesamtvarianz der Variablen beitragen. Man muss einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Gruppen also immer im Licht des Methodenfehlers und der Zuverlässigkeit der untersuchten Variable sehen [5].

## **5.4 Ergebnisse**

### **5.4.1 Sagittale Messungen**

Der Vergleich der initialen Werte der sagittalen Messungen zeigte, dass sechs der neun Variablen in den verschiedenen Gruppen ähnliche Mittelwerte besaßen. Die Kontrollgruppe zeichnete sich zum Zeitpunkt  $t_0$  durch eine distale basale Kieferrelation gegenüber den behandelten Gruppen aus, wobei für die Unterschiede die sagittale Position der Mandibula verantwortlich war. Alle Unterschiede bewegten sich im Bereich einer Standardabweichung, also einem der Vergleichbarkeit der Gruppen nicht hinderlichen Rahmen. Weiterhin ist festzustellen, dass das Augenmerk bei dieser Untersuchung nicht auf den absoluten Werten zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern auf den Änderungen der Variablen während des Untersuchungszeitraumes lag.

Bezogen auf die Änderungen bestand der einzige signifikante Unterschied zwischen den Gruppen bei sagittalen Messungen in einer Zunahme des Winkels ANB in der Gruppe "2

Bänder" verbunden mit einer Abnahme in der Kontrollgruppe. Er betrug  $0,84^\circ$  und war somit klinisch nicht relevant [69]. Der Methodenfehler ( $0,4^\circ$ ) und der Zuverlässigkeitskoeffizient (0,95) dieser Variable waren akzeptabel. Ein entsprechender, statistisch aber nicht signifikanter Unterschied war mit 1,13 mm beim Wits-Wert zu beobachten.

In der Literatur wird eine direkt nach der aktiven Phase der GNE gemessene durchschnittliche Vergrößerung des ANB-Winkels um  $1,49^\circ$  angegeben [69, 24]. Eine langfristig um  $1^\circ$  schwächere Abnahme als in einer Kontrollgruppe wird von GARIB et al. [38] beschrieben. Die Ergebnisse dieser Studie sind in Bezug auf Beobachtungszeitraum und Methode nicht direkt mit den vorgenannten vergleichbar, lassen aber die gleiche Tendenz erkennen. Im Gegensatz dazu konnten COZZA et al. [25], die Patienten im frühen Wechselgebiss mit einer 2-Band-GNE-Apparatur behandelten, über einen sechsmonatigen Beobachtungszeitraum keine signifikanten Änderungen in der Sagittalen beobachten.

Anhand der eigenen Ergebnisse konnte die teilweise in der Literatur [109, 45, 24, 11, 69] genannte Vorverlagerung des A-Punktes nicht bestätigt werden. Die Vergrößerung des ANB-Winkels kam vielmehr durch eine Verkleinerung des SNB-Winkels relativ zur Kontrollgruppe zustande.

In anderen Studien wurde von einer Zunahme der sagittalen Frontzahnstufe berichtet [69]. Diese Messung wurde hier nicht durchgeführt, weil manche Patienten vor dem Zwischenbefund mit Multibracketapparaturen im Frontzahnbereich behandelt worden waren, die das Messergebnis hätten beeinflussen können. Dies muss auch bei der Beurteilung der Messungen, die den A-Punkt beinhalten, berücksichtigt werden. Der A-Punkt ist zwar ein basaler Bezugspunkt des Oberkiefers, aber von der Position der Schneidezähne nicht unabhängig [32].

Die sagittalen Winkel- und Streckenmessungen ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden behandelten Gruppen.

BIEDERMANN [11] beschreibt eine Rotation der Maxillahälften in der Horizontalebene bei der GNE, die für das Zustandekommen der V-förmigen Öffnung der Sutura palatina mediana verantwortlich sein soll. Grund für die Rotation ist der posterior größere Widerstand gegen Expansionskräfte. Weil ein Ausweichen des Oberkiefers nach dorsal nicht möglich ist, erfolgt die Rotation um zwei Zentren im Bereich der Processus pterygoidei. Dies führt seiner Meinung nach zu der, auch von anderen Autoren [109, 45,

24, 11, 69] beschriebenen, Vorverlagerung des A-Punktes. Gleichzeitig postuliert VELTRI [106], dass eine ungestörte V-förmige Suturaöffnung nur bei Verwendung einer Zwei-Band-Apparatur möglich sei, weil traditionelle Vier-Band-Apparaturen diese durch das im Prämolaren- wie im Molarenbereich gleiche Ausmaß der Erweiterung behinderten. Die daraus folgende stärkere Vorverlagerung des A-Punktes durch Anwendung einer über zwei Bänder befestigten Apparatur konnte in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden. Auch LAMPARSKI et al. [70] konnten zwischen den Apparaturen keinen Unterschied in der Form der Suturaöffnung sehen.

#### 5.4.2 Vertikale Messungen

Für sieben der zwölf vertikalen Variablen zeigten die initialen Messungen in den verschiedenen Gruppen ähnliche Mittelwerte. Die Kontrollgruppe zeichnete sich gegenüber den behandelten Gruppen zum Zeitpunkt  $t_0$  durch eine relative Anteinklination der Kieferbasen und einen verkleinerten Kieferwinkel aus. Auch hier lagen die Unterschiede im Bereich einer Standardabweichung.

Die GNE scheint keinen Einfluss auf die Lage der Oberkiefer- relativ zur Schädelbasis zu haben, weil sich die Längenänderungen der Strecken NSL-Spa und NSL-Spp nicht signifikant zwischen den Gruppen unterschieden. Gleiches gilt für die OK-Molarenposition relativ zur OK-Basis (NL-CpMOK).

COZZA et al. [25] untersuchten eine 2-Band-Apparatur über einen Zeitraum von sechs Monaten. Hier kam es zu einer signifikanten Molarenextrusion und Kaudalverlagerung der Oberkieferbasis im anterioren Bereich. Dieser Unterschied zu den eigenen Ergebnissen ist wohl durch die abweichenden Beobachtungszeiträume zu erklären.

Die eigenen Ergebnisse sind jedoch mit denen von WERTZ und DRESKIN [109, 110] vergleichbar. Sie beschreiben eine Kaudalverlagerung der Maxilla, die aber während des Retentionszeitraums rezidiert. Auch eine Extrusion der oberen Molaren wird von LAGRAVÈRE et al. [69, 67] nur als kurzfristiger Effekt angesehen.

Somit ist die relativ schwache Längenzunahme der Strecke ML-Spp in der Gruppe "4 Bänder" hauptsächlich auf Vorgänge im Unterkiefer zurückzuführen. Sie war mit einem Unterschied von 1,29 mm hoch signifikant kleiner als in der Kontrollgruppe. Diese Vermutung wird durch die signifikant geringere Verlängerung der Strecke ML-CpMUK im Vergleich zur Kontrollgruppe gestützt. (Unterschied: 0,79 mm) Die gleiche Tendenz,

obgleich statistisch nicht signifikant, war bei der Strecke ML-Spa zu beobachten. Weiterhin wurde der Gonionwinkel in den behandelten Gruppen kleiner, in der Kontrollgruppe aber größer, wobei auch hier kein signifikanter Unterschied bestand.

Die in der Literatur teilweise beschriebene [109, 45, 110, 25, 43] Vergrößerung der vertikalen Kieferrelation durch eine Extrusion der oberen Molaren und die Überstellung des Kreuzbisses kann durch die vorliegenden Ergebnisse also nicht bestätigt werden. Sie stehen vielmehr sowohl mit den Ergebnissen von CHANG et al. [22], als auch mit denen von GARIB et al. [38] in Einklang, die keine Vergrößerung auf lange Sicht beobachten.

Der Quotient S-Go/N-Me verkleinerte sich in der Gruppe "2 Bänder" und blieb in der Gruppe "4 Bänder" nahezu unverändert, während er in der Kontrollgruppe zunahm. Der Unterschied zwischen "2 Bänder" und der Kontrollgruppe war hoch signifikant, der zwischen "4 Bänder" und letzterer signifikant. Es kam also im Gegensatz zum unbeeinflussten Wachstum durch beide Arten der GNE zu einer relativen Verringerung der hinteren Gesichtshöhe. Diese Beobachtung wird durch die Befunde für ML-Spp und ML-CpMUK gestützt.

Trotz dieser Verhältnisänderung, die zu einer relativen Zunahme der vorderen Gesichtshöhe führte, kam es wie schon erwähnt zu keiner Vergrößerung der vertikalen Kieferrelation. So waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen für die Variablen NSL-Spa und ML-Spa vorhanden.

Auch COZZA et al. [25] stellen keine statistisch signifikante Änderung des Verhältnisses der hinteren zur vorderen Gesichtshöhe durch die GNE fest. Sie beschreiben, wie auch CHUNG und FONT [24], jedoch eine Vergrößerung der Strecke NSL-Spa und infolgedessen auch der vorderen Gesichtshöhe. Die von COZZA et al. [25] für die Vergrößerung verantwortlich gemachte Extrusion der oberen Molaren konnte hier nicht beobachtet werden. Hierbei sind die deutlich kürzeren Beobachtungszeiträume als in der eigenen Studie zu beachten. Langfristigere Untersuchungen, die das Rezidiv nach Entfernung der Apparatur berücksichtigen [22, 38, 68], sehen keine Beeinflussung der vertikalen Dimension. Die eigenen Ergebnisse bestätigen damit deren Schlussfolgerung, dass ein vertikales Wachstumsmuster keine Kontraindikation für die GNE darstellt [22, 38].

### **5.5 Schlussfolgerungen**

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen lagen alle im Bereich von



weniger als 1,3 Einheiten. Durch dieses geringe Ausmaß erscheint ihre klinische Relevanz fraglich, obwohl ihr Methodenfehler durchweg weniger als halb so groß wie die gemessenen Unterschiede war. Die transversale Erweiterung des Oberkiefers mittels GNE bei Patienten mit einseitigem Kreuzbiss hat also im Wechselgebiss weder deutliche Effekte in der Sagittalen noch in der Vertikalen. Längerfristige Studien [68, 38] legen nahe, dass die vorhandenen Effekte weiter rezidivieren und bis zum Abschluss des Wachstums nicht mehr nachweisbar sind.

Für keine der untersuchten Variablen konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Modifikationen der GNE-Apparatur festgestellt werden. Die 2-Band-Apparatur stellt somit bei Patienten im Wechselgebiss eine Möglichkeit zur GNE dar, die im Vergleich zur 4-Band-Apparatur keine unerwünschten Effekte im FRS hervorruft und in der Handhabung Vorteile mit sich bringt. Sie ermöglicht einen geringeren Aufwand beim Anpassen der Bänder und der Insertion. Außerdem werden Herstellungsprozess und Mundhygiene vereinfacht.

In der Literatur liegt keine weitere vergleichende Untersuchung an FRS vor. Über Unterschiede in der Transversalen wird jedoch berichtet. Sowohl LAMPARSKI et al. [70] als auch DAVIDOVITCH et al. [28] beschreiben in Apparaturvergleichen mittels Modellen, Okklusal- und Fernröntgen-PA-Aufnahmen signifikant größere Zunahmen von Suturbreite und Zahnbogenumfang in der Vier-Band-Gruppe. Laut letzteren sei der Erfolg der Zwei-Band-Apparatur altersabhängig. Sie erlaube keine regelmäßige Suturaöffnung bei Patienten, die das zwölfte Lebensjahr überschritten haben [28]. Da in der vorliegenden Studie lediglich Patienten im Wechselgebiss untersucht wurden, gelten die getroffenen Aussagen nur für diese Altersgruppe.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Allen D, Rebellato J, Sheats R, Ceron AM (2003) Skeletal and Dental Contributions to Posterior Crossbites. *Angle Orthod* 73:515-524
2. Angell EC (1860) Treatment of irregularities of the permanent or adult teeth. *Dent Cosmos* 1:540-544
3. Arat ZM, Gökalp H, Atasever T, Türkkahraman H (2003) <sup>99m</sup>Techneium-Labeled Methylene Diphosphonate Uptake in Maxillary Bone During and After Rapid Maxillary Expansion. *Angle Orthod* 73:545-549
4. Baccetti T, Franchi L, Cameron CG, McNamara JA (2001) Treatment timing for rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 71:343-350
5. Battagel JM (1993) A comparative assessment of cephalometric errors. *Eur J Orthod* 15:305-314
6. Baumrind S, Frantz RC (1971) The reliability of head film measurements: 2. Conventional angular and linear measures. *Am J Orthod* 60:505-517
7. Bell RA, LeCompte EJ (1981) The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod* 79:152-161
8. Bell RA (1982) A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patient's age. *Am J Orthod* 81:32-37
9. Bicakci AA, Agar U, Sökücü O, Babacan H, Doruk C (2005) Nasal Airway Changes Due to Rapid Maxillary Expansion Timing. *Angle Orthod* 75:1-6
10. Biederman WA (1968) Hygienic appliance for rapid expansion. *J Pract Orthod* 2:67-70

11. Biedermann W (1973) Rapid correction of Class III malocclusion by midpalatal expansion. *Am J Orthod* 63:47-55
12. Bishara SE, Stanley RN (1987) Maxillary expansion: Clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 91:3-14
13. Björk A (1955) Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants. *Acta Odontol Scand* 13:9
14. Björk A (1966) Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta Odontol Scand* 24:109
15. Björk A, Skieller V (1974) Growth in width of the maxilla studied by the implant method. *Scand J Plast Reconstr Surg* 8:26-33
16. Bössner S (2006) Die Wirkung der Gaumennahterweiterung auf die Nasenatmung im Verlauf der aktiven Dehnung bei Patienten mit transversaler Enge im Oberkiefer. Eine rhinomanometrisch - röntgenologische Studie. München, Univ., Diss.
17. Broadbent BH (1931) A new technique and its application to Orthodontics. *Angle Orthodont* 1:45-66
18. Cameron CG, Franchi L, Baccetti T, McNamara JA (2002) Long-term effects of rapid maxillary expansion: A posteroanterior cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 121:129-135
19. Capelozza Filho L, De Almeida AM, Ursi WJ (1994) Rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients. *J Clin Orthod* 28:34–39
20. Ceylan I, Oktay H, Demirci M (1996) The effect of rapid maxillary expansion on conductive hearing loss. *Angle Orthod* 66:301-308
21. Chaconas SJ, Caputo AA (1982) Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *Am J Orthod* 82:492-501

22. Chang JY, McNamara JA, Herberger TA (1997) A longitudinal study of skeletal side effects induced by rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 112:330-337
23. Chen YJ, Chen SK, Yao JC, Chang HF (2004) The Effects of Differences in Landmark Identification on the Cephalometric Measurements in Traditional Versus Digitized Cephalometry. *Angle Orthod* 74:155-161
24. Chung C, Font B (2004) Skeletal and dental changes in the sagittal, vertical, and transverse dimensions after rapid palatal expansion. *Am J Orthod* 126:569-575
25. Cozza P, Giancotti A, Petrosino A (2001) Rapid Palatal Expansion in Mixed Dentition Using a Modified Expander: a Cephalometric Investigation. *J Orthod* 28:129-134
26. Cross DL, McDonald JP (2000) Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental and nasal structures: a postero-anterior cephalometric study. *Eur J Orthod* 22:519-528
27. Dahlberg G (1940) *Statistical methods for medical and biological students*. Interscience Publications, New York
28. Davidovitch M, Efstathiou S, Sarne O, Vardimon AD (2005) Skeletal and dental response to rapid maxillary expansion with 2- versus 4-band appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 127:483-492
29. Derichsweiler H (1954) Die Umstellung der Mundatmung zur Nasenatmung durch die Gaumennahterweiterung. *Fortschr Kieferorthop* 15:234-243
30. Derichsweiler H (1956) *Gaumennahterweiterung*. Carl Hanser Verlag, München
31. Doruk C, Sökücü O, Sezer H, Canbay EI (2004) Evaluation of nasal airway resistance during rapid maxillary expansion using acoustic rhinometry. *Eur J Orthod*

26:397-401

32. Drescher D (2000) Fernröntgenanalyse. In: Diedrich P (ed) Kieferorthopädie I. Urban Fischer, München 261-291
33. Edlhuber C (1988) Über die Gaumennahterweiterung - Indikation und Technik. München, Univ., Diss.
34. Ekström C, Henrikson CO, Jensen R (1977) Mineralization in the midpalatal suture after orthodontic expansion. Am J Orthod 71:449-455
35. Enlow DH (1994) Wachstum und Entwicklung der Gesichtsstrukturen. In: Schmuth G, Vardimon AD (eds) Kieferorthopädie. Thieme, Stuttgart, 19-32.
36. Franchi L, Baccetti T, McNamara JA (2004) Postpubertal assessment of treatment timing for maxillary expansion and protraction therapy followed by fixed appliances. Am J Orthod Dentofacial Orthop 126:555-568
37. Frevert-Boelcke A (1954) Die Gaumennaht-Sprengung. Dtsch Zahnärztl Z 9:511-517
38. Garib DG, Henriques JF, Carvalho PE, Gomes SC (2007) Longitudinal Effects of Rapid Maxillary Expansion. Angle Orthod 77:442-448
39. Geran RG, McNamara JA, Baccetti T, Franchi L, Shapiro LM (2006) A prospective long-term study on the effects of rapid maxillary expansion in the early mixed dentition. Am J Orthod Dentofacial Orthop 129:631-40
40. Gerlach KL, Zahl C (2003) Transversal Palatal Expansion Using a Palatal Distractor. J Orofac Orthop 64:443-449
41. Gianelly AA (2003) Rapid palatal expansion in the absence of crossbites: Added value? Am J Orthod Dentofacial Orthop 124:362-365

42. Göz G (2000) Rasche Gaumennahterweiterung. In: Diedrich P (ed) Kieferorthopädie II. Urban und Fischer, München, 271-279
43. Haas AJ (1961) Rapid Expansion Of The Maxillary Dental Arch And Nasal Cavity By Opening The Midpalatal Suture. Angle Orthod 31:73-90
44. Haas AJ (1965) The Treatment Of Maxillary Deficiency By Opening The Midpalatal Suture. Angle Orthod 35:200-217
45. Haas AJ (1970) Palatal expansion: Just the beginning of Dentofacial orthopedics. Am J Orthod 57:219-255
46. Hagemann K, Vollmer D, Niegel T, Ehmer U, Reuter I (2000) Prospective Study on the Reproducibility of Cephalometric Landmarks on Conventional and Digital Lateral Headfilms. J Orofac Orthop 61:91-99
47. Handelman CS (1997) Nonsurgical rapid maxillary alveolar expansion in adults: A clinical evaluation. Angle Orthod 67:291-308
48. Handelman CS, Wang L, BeGole EA, Haas AJ (2000) Nonsurgical Rapid Maxillary Expansion in Adults: Report on 47 Cases Using the Haas Expander. Angle Orthod 70:129-144
49. Harzer W, Schneider M, Gedrange T (2004) Rapid Maxillary Expansion with Palatal Anchorage of the Hyrax Expansion Screw - Pilot Study with Case Presentation. J Orofac Orthop 65:419-424
50. Hasund A (1976) Klinische Kephalmetrie für die Bergen-Technik. Kieferorthopädische Abteilung des zahnärztlichen Instituts der Universität in Bergen
51. Hicks EP (1978) Slow maxillary expansion: A clinical study of the skeletal versus dental response to low-magnitude force. Am J Orthod 73:121-141
52. Hofrath H (1931) Die Bedeutung von Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die

Diagnostik der Kieferanomalien. Fortschr Orthodont 1:232-258

53. Holberg C (2005) Effects of Rapid Maxillary Expansion on the Cranial Base - an FEM-Analysis. J Orofac Orthop 66:54-66
54. Houston WJB (1983) The analysis of errors in orthodontic measurements. Am J Orthod 83:383-390
55. Houston WJB, Maher RE (1986) Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. Eur J Orthod 8:149-151
56. Isaacson RJ, Ingram AH (1964) Forces produced by rapid maxillary expansion. II. Forces present during treatment. Angle Orthod 34:261-270
57. Jacobson A (1975) The "Wits" appraisal of jaw disharmony. Am J Orthod 67:125-138
58. Jacobson A (1976) Application of the "Wits" appraisal. Am J Orthod 70:179-189
59. Jäger A (2000) Diagnostik und Therapie des seitlichen Kreuzbisses. In: Diedrich P (ed) Kieferorthopädie II. Urban und Fischer, München, 377-390
60. Jafari A, Shetty KS, Kumar M (2003) Study of Stress Distribution and Displacement of Various Craniofacial Structures Following Application of Transverse Orthopedic Forces - A Three-dimensional FEM Study. Angle Orthod 73:12-20
61. Jakobson R, Jakobson A (1980) Point A revisited. Am J Orthod 77:92-96
62. Knaup B, Yildizhan F, Wehrbein H (2004) Age-related changes in the midpalatal suture. A histomorphometric study. J Orofac Orthop 65: 467-474
63. Korbmacher H, Huck L, Merkle T, Kahl-Nieke B (2005) Das klinische Profil der Gaumennahterweiterung - Ergebnisse einer nationalen Umfrage. J Orofac Orthop

66:455-468

64. Korn EL, Baumrind S (1990) Transverse Development of the human jaws between the ages of 8.5 and 15.5 years, studied longitudinally with the use of implants. *J Dent Res* 69: 1298-1306
65. Krebs A (1959) Expansion of the midpalatal suture studied by means of metallic implants. *Acta Odontol Scand* 17:491-501
66. Kutin G, Hawes RR (1969) Posterior crossbites in the deciduous and mixed dentitions. *Am J Orthod* 56:491-504
67. Lagravère MO, Heo G, Major PW, Flores-Mir C (2005) Long-Term Dental Arch Changes After Rapid Maxillary Expansion Treatment: A Systematic Review. *Angle Orthod* 75:155-161
68. Lagravère MO, Heo G, Major PW, Flores-Mir C (2005) Long-Term Skeletal Changes with Rapid Maxillary Expansion: A Systematic Review. *Angle Orthod* 75:1046-1052
69. Lagravère MO, Heo G, Major PW, Flores-Mir C (2006) Meta-analysis of immediate changes with rapid maxillary expansion treatment. *JADA* 137:44-53
70. Lamparski DG, Rinchuse DJ, Close JM, Sciote JJ (2003) Comparison of skeletal and dental changes between 2-point and 4-point rapid palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123:321-328
71. Lanigan DT, Mintz SM (2002) Complications of surgically assisted rapid palatal expansion: Review of the literature and report of a case. *J Oral Maxillofac Surg* 60:104-110
72. Liou EJW, Tsai WC (2005) A New Protocol for Maxillary Protraction in Cleft Patients: Repetitive Weekly Protocol of Alternate Rapid Maxillary Expansions and Constrictions. *Cleft Palate-Craniofacial Journal* 42:121-127



73. Liou EJW (2005) Effective maxillary orthopedic protraction for growing Class III patients: a clinical application simulates distraction osteogenesis. *Prog Orthod* 6:154-171
74. Matteini C, Mommaerts MY (2001) Posterior transpalatal distraction with pterygoid disjunction: A short-term model study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 120:498-502
75. McNamara JA (1984) A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 86:449-469
76. McNamara JA (2001) *Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. Needham Press, Ann Arbor
77. Melsen B (1975) Palatal growth studied on human autopsy material. *Am J Orthod* 68:42-54
78. Mew J (1983) Relapse following maxillary expansion: A study of twenty-five consecutive cases. *Am J Orthod* 83:56-61
79. Miethke RR (2000) Schädelentwicklung. In: Diedrich P (ed) *Kieferorthopädie I*. Urban und Fischer, München, 17-45
80. Moss ML (1968) The primacy of functional matrices in orofacial growth. *Dent Practit* 19:65-73
81. Mossaz-Joëlon K, Mossaz CF (1989) Slow maxillary expansion: a comparison between banded and bonded appliances. *Eur J Orthod* 11:67-76
82. Northway WM, Meade JB (1997) Surgically assisted rapid maxillary expansion: A comparison of technique, response, and stability. *Angle Orthod* 67:309-320
83. Pan X, Qian Y, Yu J, Wang D, Tang Y, Shen G (2007) Biomechanical effects of

rapid palatal expansion on the craniofacial skeleton with cleft palate: a three-dimensional finite element analysis. *Cleft Palate Craniofac J* 44:149-54.

84. Persson M, Thilander B (1977) Palatal suture close in man from 15 to 35 years of age. *Am J Orthod* 72:42-52
85. Petrén S, Bondemark L, Söderfeldt B (2003) A Systematic Review Concerning Early Orthodontic Treatment of Unilateral Posterior Crossbite. *Angle Orthod* 73:588-596
86. Rakosi T (1979) Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse. Hanser, München Wien
87. Rustom I (2006) Die Wirkung der langsamen Gaumennahterweiterung mit dem modifizierten Haas-Gerät während des Wechselgebisses. Hannover, Univ., Diss.
88. Sandikçioğlu M, Hazar S (1997) Skeletal and dental changes after maxillary expansion in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 111:321-327
89. Sandstrom RA, Klapper L, Papaconstantinou S (1988) Expansion of the lower arch concurrent with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 94:296-302
90. Sari Z, Uysal T, Usumez S, Basciftci FA (2003) Rapid maxillary expansion. Is it better in the mixed or in the permanent dentition. *Angle Orthod* 73: 654-661
91. Sarnäs KV, Björk A, Rune B (1992) Long-term effect of rapid maxillary expansion studied in one patient with the aid of metallic implants and roentgen stereometry. *Eur J Orthod* 14:427-432
92. Schiffman P, Tuncay OC (2001) Maxillary expansion: a meta analysis. *Clin Orthod Res* 4:86-96
93. Schneidman E, Wilson S, Erkis R (1990) Two-point Rapid Palatal Expansion: An

Alternate Approach to Traditional Treatment. *Pediatr Dent* 12:92-97

94. Schuster G, Borel-Scherf I, Schopf PM (2005) Frequency of and Complications in the Use of RPE Appliances - Results of a Survey in the Federal State of Hesse, Germany. *J Orofac Orthop* 66:148-161
95. Segner D, Hasund A (1998) Individualisierte Kephalometrie. Dr D Segner Verlag, Hamburg
96. Sorel O (2004) Rapid palatal expansion for the treatment of maxillary constriction. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 105:26-36
97. Sperber GH (ed) (1992) Embryologie des Kopfes. Quintessenz, Berlin
98. Stabrun A, Danielsen K (1982) Precision in cephalometric landmark identification. *Eur J Orthod* 4:185-196
99. Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD (1966) Facioskeletal And Dental Changes Resulting From Rapid Maxillary Expansion. *Angle Orthod* 36:152-164
100. Stöckli PW (1994) Postnataler Wachstumsverlauf, Gesichts-Kieferwachstum und Entwicklung der Dentition. In: Stöckli PW, Ben-Zur ED (eds) Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen. Thieme, Stuttgart
101. Taşpınar F, Bishara SE, Üçüncü H (2003) Rapid Maxillary Expansion and Conductive Hearing Loss. *Angle Orthod* 73:669-673
102. Thilander B, Lennartsson B (2002) A study of children with unilateral posterior crossbite, treated and untreated, in the deciduous dentition. *J Orofac Orthop* 63:371-383
103. Timms DJ (1980) A study of basal movement with rapid maxillary expansion. *Am J Orthod* 77:500-507

104. Timms DJ (1999) The dawn of rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 69:247-250
105. Usumez S, İşeri O, Basciftci FA (2003) Effect of Rapid Maxillary Expansion on Nocturnal Enuresis. *Angle Orthod* 73:532-538
106. Veltri N, Del Rosso E, Doniselli (1993) Die Gaumennahterweiterung: Technische Neuerungen und deren Vorteile. *Inf Orthod Kieferorthop* 25:57-74
107. Wehrbein H, Yildizhan F (2001) The mid-palatal suture in young adults. A radiological-histological investigation. *Eur J Orthod* 23:105-114
108. Wertz R (1968) Changes in nasal airflow incident to rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 38:1-11
109. Wertz R (1970) Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod* 58:41-66
110. Wertz R, Dreskin M (1977) Midpalatal suture opening: A normative study. *Am J Orthod* 71:367-381
111. Westwood PV, McNamara JA, Baccetti T, Franchi L, Sarver DM (2003) Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123:306-320
112. Zimring JF, Ingram AH (1965) Forces produced by rapid maxillary expansion. III. Forces present during retention. *Angle Orthod* 35:178-186

## **7. Publikationen**

Die Ergebnisse dieser Studie werden Rahmen der 81. Wissenschaftlichen Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie vom 12.-16. November 2008 in Köln als Poster mit dem Titel "DM Hassdenteufel, M Stec-Slonicz, JA Lisson: Die forcierte Gaumennahterweiterung - klinische Nebeneffekte zweier Systeme" präsentiert und im Abstractband dieser Tagung veröffentlicht.

## 8. Dank

Ich danke besonders Herrn Professor Dr. Jörg Lisson für die Überlassung des Themas, seine freundliche Betreuung und die stets zeitnahe Unterstützung bei allen auftretenden Fragen.

Frau Dr. Ilka Hanke und Frau Dr. Stec-Slonicz danke ich für ihre Betreuung bei der Ausarbeitung der Methode und dem Verfassen der Dissertation.

Herrn Dr. Hans-Dieter Noss danke ich für die Bereitstellung der untersuchten Röntgenaufnahmen, ohne die die Durchführung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Abschließend danke ich meinen Eltern und Katrin Steinborn für ihre Geduld und liebevolle Unterstützung während meines Studiums und der Arbeit an dieser Dissertation.

## 9. Lebenslauf

03. April 1982	geboren in Neunkirchen / Saar als Kind von Dr. Reinhard Haßdenteufel und Karyna Haßdenteufel, geborene Mainka
1988-1992	Schüler der Grundschule Hangard
1992-2001	Schüler des Gymnasiums am Krebsberg Neunkirchen
Juni 2001	Abitur
Juli 2001-März 2002	Wehrdienst
März 2002-September 2002	Anstellung als Hilfskraft in der Praxis Dr. Haßdenteufel in Neunkirchen / Saar
Oktober 2002-Juni 2008	Studium der Zahnheilkunde an der Universität des Saarlandes
Juli 2008	Zahnärztliche Prüfung
Juli 2008	Approbation
seit September 2008	Anstellung als Vorbereitungsassistent in der Praxis Dr. Beckmann in St. Wendel

Saarbrücken, den 30.10.2008