

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
der Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktorin: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson

BIONATOR-HEADGEAR-KOMBINATIONSTHERAPIE IM VERGLEICH ZUR BIONATORTHERAPIE

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Wolfgang Setzer
aus
Rosenheim

2006

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatterin: Prof. Dr. med. dent. Ingrid Rudzki-Janson

Mitberichterstatter: Prof. Dr. K. H. Kunzelmann

Mitbetreuung durch die
promovierte Mitarbeiterin: Dr. med. dent. Eliane Caréen Schumacher

Dekan: Prof. Dr. med. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 21.06.2006

Meinen Eltern und Großeltern

5.4.5 T-Test bei unabhängigen Stichproben für die sagittalen Okklusionsveränderungen	43
6. Diskussion	45
6.1 Diskussion der digitalen Modellanalyse	45
6.2. Diskussion der Ergebnisse	47
6.2.1 Diskussion der gemessenen Winkel in der Transversalen	47
6.2.2 Diskussion der gemessenen Strecken in der Transversalen	48
6.2.3 Diskussion der gemessenen Strecken in der Sagittalen	50
6.2.4 Diskussion der sagittalen Okklusionsveränderungen und der Änderung der sagittalen Frontzahnstufe	51
7. Schlussfolgerung	53
8. Zusammenfassung	54
9. Literaturverzeichnis	56
10. Anhang	61
10.1 Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Patienten während der Behandlung hinsichtlich Rotationen	61
10.2 Transversale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Patienten während der Behandlung	62
10.3 Sagittale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Patienten während der Behandlung	64
10.4 Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten während der Behandlung hinsichtlich Rotationen	65
10.5 Transversale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten während der Behandlung	67
10.6 Sagittale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten während der Behandlung	68
11. Danksagung	70
12. Lebenslauf	71

1. Einleitung

In der Kieferorthopädie kommt der regulären Verzahnung des Zahnbogens von Oberkiefer zu Unterkiefer entscheidende Bedeutung zu. Nicht nur eine optimale Stellung der Zähne in der Transversalebene, sondern auch in der Sagittalebene sollte bei kieferorthopädischen Behandlungsmaßnahmen eines der obersten Ziele sein.

Zur Erreichung eines optimalen ästhetischen und funktionellen Ergebnisses sind die von ANDREWS (1972) postulierten sechs Schlüssel der Normalokklusion zu nennen: Der mesiobukkale Höcker des ersten bleibenden Oberkiefermolaren soll innerhalb der Grube zwischen dem mesialen und mittleren Höcker des ersten bleibenden Unterkiefermolaren liegen. Bei normal okkludierenden Zähnen liegt der gingivale Teil der Längsachse jeder Krone distal zum okklusalen Teil dieser Achse. Der Grad der Kippung ist je nach Zahntyp unterschiedlich. Als dritten Schlüssel nennt ANDREWS (1972) die Kroneninklination. Darunter ist der Winkel zwischen einer senkrecht zur Okklusionsebene gezogenen Geraden und einer Tangente an die Mitte der labialen bzw. bukkalen klinischen Krone zu sehen. Bezüglich der oberen Frontzahnkronen heißt das, dass sich bei den oberen Schneidezähnen der okklusale Teil der labialen Kronenfläche labial zum gingivalen Teil befindet. Bei allen anderen Zahnkronen befindet sich der okklusale Teil der labialen bzw. bukkalen Fläche lingual zum gingivalen Teil. Im posterioren Oberkieferzahnbereich ist die linguale Kronenneigung bei den Molaren akzentuierter als bei Eckzähnen und Prämolaren. Die Lingualneigung der posterioren Unterkieferzahnkronen nimmt progressiv zu. Die Rotation stellt den vierten Schlüssel dar. Da rotierte Zähne im Seitenzahnbereich mehr Platz und im Frontzahnbereich weniger Platz einnehmen, ist darauf zu achten, dass unerwünschte Rotationen vermieden werden sollten. Die letzten beiden Schlüssel sind der enge Kontakt der Zähne und die Spee'sche Kurve. Sind keine echten Anomalien wie Zahngrößenmissverhältnisse vorhanden, sollten die Kontaktpunkte eng sein. Die Okklusionsebene sollte einen flachen Verlauf aufweisen, da dies für die Einstellung der Normalokklusion am günstigsten ist. Eine tiefe Spee'sche Kurve bedeutet weniger Platz für die Oberkieferzähne und bewirkt ein Ausweichen dieser Zähne nach mesial und distal. Eine umgekehrte Spee'sche Kurve verschafft den oberen Zähnen zu viel Raum.

Kieferorthopädische Geräte, die oft zur Behandlung von sagittalen Disharmonien im Sinne einer Angle-Klasse II-Malokklusion und zur Erreichung der oben genannten Forderungen zur Einstellung einer Normalokklusion eingesetzt werden, sind der Headgear und der Bionator.

Der Headgear (Gesichtsbogen) dient vor allem der Behandlung von Angle-Klasse II-Verzahnungen im Oberkiefer. Dabei wird die durch einen Nackenzug extraoral entstehende Kraft mittels eines Gesichtsbogens auf die ersten Molaren des Oberkiefers umgeleitet. Das Ziel dieser Kraftumlenkung auf die oberen Molaren in dorsaler Richtung ist die Verhinderung einer weiteren Mesialisierung im Seitenzahnbereich des Oberkiefers und dadurch eine weitere Ausprägung der Angle-Klasse II-Verzahnung. Des Weiteren soll mit dem Headgear die einmal erreichte optimale Stellung der Zähne bezüglich Ästhetik und Funktion in sagittaler Richtung gesichert und ein Rezidiv nach erfolgter Behandlung verhindert werden.

Der Bionator wird ebenfalls zur Behandlung der dentoalveolären Angle-Klasse II-Malokklusion eingesetzt. Dieses funktionskieferorthopädische Behandlungssystem basiert auf einem abnehmbaren Kunststoffgerät, was aus einem Monobloc, einem Konstruktionsbiss, einer schiefen Ebene und Drahtelementen besteht (JANSON 1987).

Beim Tragen dieses funktionskieferorthopädischen Gerätes werden physiologische Vorgänge, die für die Behandlung von Nutzen sind, durch die einzelnen Komponenten des Bionators unterstützt und unerwünschte Faktoren ausgeschaltet.

2. Literaturübersicht

2.1 Der Headgear

2.1.1 Entwicklung des Headgears

Seit dem frühen 19. Jahrhundert werden extraorale Geräte verwendet, um Fehlstellungen der Zähne und Disharmonien im maxillären oder mandibulären Bereich auszugleichen. Eine Verbesserung der Ästhetik, Phonetik und Funktion sind damals wie heute die Beweggründe für den Einsatz solcher Geräte.

GUNNEL (1841) verwendet eine aus Leder und Schnüren bestehende Kappe, um Fehlstellungen der Zähne auszugleichen. Diese stellt eine erste Form dar, die an den heutigen Headgear erinnert.

KINGSLEY (1880) kombiniert die Kopfkappe mit einer Frontzahnschiene. Diese ist an den oberen Schneidezähnen befestigt. Im Bereich der oberen Eckzähne sind Haken an die aus Gold bestehende Schiene angebracht. An diesen können die Züge der extraoralen Kopfkappe angreifen. Nach vorheriger Extraktion der oberen ersten Prämolaren kann so eine Protrusion der oberen Front kompensiert und eine Distalisierung erreicht werden.

Eine Apparatur, welche dem heutigen Headgear ähnlich ist, wird von ANGLE (1897) konstruiert. Der intraorale Teil besteht aus einem bukkal des oberen Zahnbogens verlaufenden Draht, der mittels Röhrchen an den Bändern der ersten Molaren befestigt ist. Der extraorale Teil der Apparatur besteht aus einem Kopfnetz, das den gesamten Hinterkopf bedeckt. Das Verbindungsstück zwischen intraoralem Drahtbogen und extraoraler Netzkappe ist auf jeder Seite im Prämolarenbereich mittels eines Gelenks angebracht. Dadurch kann die über das Drahtkopfnetz entstehende Kraft an den oberen ersten Molaren angreifen und dort einen Kraftvektor in dorsaler Richtung bewirken. Das Behandlungsziel ist eine Retrusion der oberen Front nach Entfernung der ersten oberen Molaren.

CASE (1922) entwickelt eine Modifikation der Apparatur von Angle, mit der es möglich ist, die oberen Molaren zu distalisieren und somit einen Platzgewinn für eine Retrusion der oberen Front zu erhalten. Dieser Effekt ist durch die Modifikation des Innenbügels möglich. CASE (1922) gelingt es, den Abstand und die Länge des intraoralen Drahtbügels im Front- und Prämolarenbereich zu variieren.

Durch alternative Methoden verlieren die extraoralen Behandlungsmethoden in der Zeit von 1929 bis 1936 an Bedeutung. An deren Stelle tritt die von KJELLGREN (1952) und HOTZ (1952) empfohlene Extraktionstherapie.

Erst durch OPPENHEIM (1936) werden die extraoralen Behandlungsmethoden wieder vermehrt angewandt. MÜLLER (1968) entwickelt eine Variation des Headgears, indem er die elastischen Gummizüge, welche die Verbindung zwischen extraoralem Kopfnetz und intraoralem Drahtbogen darstellen, durch eine zervikal am Kopfbereich verlaufende Apparatur ersetzt. Die Apparatur besteht aus einer Aluminiumtube und einer Extensionsfeder, bei der eine genaue Einstellung der Federkraft nicht möglich ist.

KLOEHN (1974) modifiziert den Headgear maßgeblich, so dass seine Form bis heute erhalten geblieben ist. Mit einer Lötnaht verbindet er den extraoralen und intraoralen Teil des Headgears in einer Ebene. Dadurch ist es dem Patienten nun möglich, das Gerät ein- und auszugliedern. Außerdem führt er den Nackenzug ein, womit das bis zu dieser Zeit benutzte Kopfnetz an Bedeutung verliert.

2.1.2 Komponenten des Headgears

Der Headgear besteht aus drei Komponenten. Dazu zählen

- der extraorale Zug
- der Gesichtsbogen
- die Molarenbänder

Der extraorale Zug, der in dieser Arbeit durch die Verwendung eines zervikalen Nackenzugs die Kraftquelle des Headgears darstellt, weist unterschiedliche Formen auf. Er besteht aus einem Kunststoffband mit Federzug oder aus einem Textilband, welches elastische Eigenschaften besitzt. Zur Vermeidung von zu hohen Kräften können Sicherheitsmodule in das Nackenband eingearbeitet sein. Kleine Federchen in den Modulen sorgen für eine konstante Kraftabgabe. Bei Überschreitung einer für die Behandlung zu hohen Kraft lösen die Sicherheitsmodule aus und entkoppeln das Nackenband. Die entstehende Kraft sollte an ihrem Wirkungsort, den oberen

Sechsjahresmolaren, 1 N/cm² Wurzeloberfläche nicht überschreiten (SCHOPF 2000).

Unmittelbar präaurikulär wird der Nackenzug in den Gesichtsbogen eingehängt. Wichtig ist, dass der Patient ein angenehmes Tragegefühl hat und der Nackenzug in der Ausdehnung ausreichend dimensioniert ist, um die entstehende Kraft auf eine große Fläche des Nackenzuges zu verteilen.

Der Gesichtsbogen stellt das Bindeglied zwischen Kraftursprung und Kraftansatz dar. Er besteht aus einem Innenbogen und den beiden Außenarmen. Der Innenbogen, der mit seinen beiden Enden in die Röhren der Molarenbänder greift, hat eine halb elliptische Grundform. Er soll dem oberen Zahnbogen im Verlauf folgen, wobei im Frontzahnbereich ein Abstand von ca. 6 mm und im Seitenzahnbereich ein Abstand von ca. 2,5 mm zu den Bukkalflächen der Zähne einzuhalten ist. Dies stellt eine Platzreserve für eine zu erwartende Distalisation der Molaren und damit des Headgears dar.

Die beiden Außenarme dienen der Verbindung mit dem Nackenzug und werden in diesen eingehängt. Um den differierenden anatomischen Verhältnissen der Patienten gerecht zu werden, gibt es in unterschiedlichen Abständen Haken an den Außenarmen, an denen der Nackenzug eingehängt werden kann.

Die Molarenbänder, welche normalerweise an den oberen ersten Molaren angebracht sind, besitzen bukkal zwei angeschweißte Röhren zur Aufnahme des Innenbogens. Die Bänder sollten einen spannungsfreien Sitz aufweisen und in vertikaler Richtung nicht den Fissurenboden der Molaren überragen.



Abb. 1: Gesichtsbogen

2.1.3 Wirkungsweise und Indikation des Headgears

Mit dem Headgear wird die durch den Nackenzug als Kraftquelle extraoral entstehende Kraft über den Gesichtsbogen und die Molarenbänder auf die oberen ersten Molaren umgelenkt. Dadurch entsteht ein Kraftvektor in distaler Richtung. Abhängig von der Form des Headgears kann es zu einem reinen distal, einem disto-kranial oder disto-kaudal gerichteten Kraftvektor kommen.

Entscheidend dafür ist die verwendete Modifikation des Headgears.

Es lassen sich fünf Typen unterscheiden:

1. Zervikaler Headgear, lange und 15° nach kaudal angulierte Außenarme

Bei diesem Typ sind die Außenarme länger als die Innenarme des Gesichtsbogens. Aufgrund der Neigung der Außenarme nach kaudal ist die am Molaren entstehende Kraft nach disto-kaudal gerichtet. Folglich kommt es an den ersten oberen Molaren zu einer Distalkippung der Krone.

2. Zervikaler Headgear, lange und 15° nach kranial angulierte Außenarme

Dieser Typ entspricht vom Prinzip dem Typ 1. Wiederum sind die Außenarme länger als die Innenarme. Der Unterschied besteht in der Angulation der Außenarme in Bezug zur Okklusionsebene. Diese sind um etwa 15° nach kranial anguliert, was eine Mesialkipfung der Sechsjahrmolarenkrone bewirkt. Prämisse für eine Rotation ist ein Angriffspunkt außerhalb des Widerstandszentrums, das an den oberen ersten Molaren im Bereich der Trifurkation (WORMS 1973) zu finden ist.

3. Horizontaler Headgear, kurze Außenarme

Beim horizontalen Headgear kommt es zu einem Kraftvektor in distaler Richtung in Höhe der Okklusionsebene. Im optimalen Falle kommt es zu keiner Rotation durch einen exzentrischen Angriffspunkt außerhalb des Widerstandszentrums. Dies kann in

der Anwendung aufgrund Änderungen der Kopfhaltung und plötzlichen Bewegungen nicht immer erreicht werden (SANDER 1978).

4. Hoher occipitaler Headgear, kurze Außenarme

Die auch als high-pull Headgear bekannte Modifikation hat eine intrudierende Wirkung (SANDER und WICHELHAUS 1995). Grund hierfür sind die kurzen Außenarme und die im Vergleich zu anderen Formen weiter kranial gelegene Kraftquelle.

Als Anwendungsgebiete kommt der skelettal offene Biss mit und ohne dentalen Tiefbiss in Frage.

5. Hoher occipitaler Headgear, lange Außenarme

Im Vergleich zum Typ 4 kommt es beim occipitalen Headgear mit langen Außenarmen wegen der langen Außenarme zu einer Verstärkung der intrudierenden Wirkung.

Angewendet wird diese Modifikation bei vertikalem Wachstumstyp mit knappem Overbite und offenem Biss.

Bis auf Typ 4, dessen primäres Anwendungsgebiet der skelettal offene Biss darstellt, ist allen Headgearmodifikationen die Anwendung bei skelettaler oder dentoalveolärer Angle-Klasse II gemein. Es soll durch den nach distal gerichteten Kraftvektor an den oberen Sechsjahrmolaren dessen weitere Mesialisierung gestoppt und nach Möglichkeit eine Distalisierung zur Einstellung einer Klasse I erreicht werden.

Mit dem Headgear ist es möglich, nicht nur dentoalveoläre und skelettale Veränderungen zu bewirken, sondern das Gesichtswachstum im Ganzen zu beeinflussen (GANDINI 2001, KIM et al. 2001).

Voraussetzung für Veränderungen im skelettalen und dentoalveolären Bereich ist die Beachtung der Dauer, der Höhe und des Zeitpunktes der Kraftapplikation (GANDINI 2001, KIM et al. 2001). Die Tragedauer sollte 16 Stunden pro Tag betragen. Entscheidend für eine effektive Behandlung mit dem Headgear ist, dass

die Kraft kontinuierlich aufrechterhalten wird und möglichst keine zu großen Amplituden erfährt (PAVLICK 1998).

Es ist für eine dauerhafte Änderung im skelettalen Bereich eine Behandlung über den Zeitpunkt des maximalen Wachstums hinaus nötig. Somit kann die Rezidivgefahr gesenkt werden.

Durch angemessene Kraftapplikation von maximal 0,5 – 1 Newton/cm² Wurzeloberfläche (ARMSTRONG 1971) kommt es bei ausreichender Kraftapplikationsdauer zu Veränderungen im dentoalveolären Bereich im Sinne einer Osteoklasten- und Osteoblastentätigkeit (GERLACH 1966). Im Bereich von Druckzonen kommt es zu Knochenabbau, wofür die Osteoklasten verantwortlich sind. Ist jedoch im Alveolarknochen eine Zugspannung indiziert, so werden Osteoblasten aktiv, und es kommt zu vermehrter Knochenbildung im Alveolarknochen (RAKOSI und GÖZ 1989).

2.1.4 Longitudinalstudien über den Headgear

Eine der ersten Studien über die Auswirkungen des Headgears ist von KLOEHN (1947) zu nennen. Er widerlegt die bis dahin geltende Meinung, der Headgear und extraorale Geräte hätten nur unzureichende Auswirkungen auf skelettale Bereiche, indem er Veränderungen des anterioren Alveolarfortsatzes beschreibt.

In einer Studie über Patienten mit Klasse II/1 Malokklusion schildert KLEIN (1957) die Auswirkungen der über den Headgear extraoral einwirkenden Kraft. Dabei stellt er fest, dass die oberen Sechsjahresmolaren, an denen der Innenbogen über die Molarenbänder angreift, eine Extrusion und Distalisierung erfahren. Aufgrund fehlender Vergleichsmöglichkeiten ist es ihm nicht möglich, behandlungsbedingte Veränderungen von physiologischen Prozessen zu differenzieren. Somit bleibt der Einfluss des natürlichen Wachstums der Probanden unberücksichtigt.

In einer groß angelegten Studie beschreibt RICKETTS (1960) die Auswirkungen des zervikalen Headgears auf die anterioren Maxillaanteile. Die bei KLEIN (1957) fehlende Vergleichsgruppe ist bei RICKETTS (1960) mit 100 Kontrollpersonen, denen er 100 zervikale Headgearpatienten gegenüberstellt, vorhanden. Nach 2,5 Jahren Beobachtungszeit kann er gegenüber der Vergleichsgruppe deutliche Veränderungen im Maxilla- und harten Gaumenbereich nachweisen. Die Maxilla

verändert ihre Wachstumsrichtung nach dorso-kaudal und es kommt zu einer Dorsalverlagerung des A-Punktes.

Zur selben Zeit untersucht WIESLÄNDER (1963) die skelettalen Veränderungen der Headgearbehandlung auf den orofacialen Bereich mittels eines Vergleichs der Fernröntgenseitenbilder von behandelten und unbehandelten Patienten. Dabei fallen ihm vor allem Veränderungen im Bereich des Punktes Pterygomaxillare, des A-Punktes und der Spina nasalis anterior auf. Er kommt wie RICKETTS (1960) zu dem Ergebnis, dass der Headgear sehr wohl Veränderungen im skelettalen Bereich der Maxilla hervorruft. Die genannten Punkte liegen in Gegenüberstellung zur Vergleichsgruppe alle weiter posterior und zeigen des Weiteren Tendenzen einer Kaudalverlagerung.

MERRIFIELD und CROSS (1970) beschreiben bei einer Headgearbehandlung mögliche Nebenwirkungen. Dabei sehen sie das größte Problem in einer Elongation und Distalverlagerung der Sechsjahresmolaren. Sehr abhängig von der bei der Behandlung möglichen Elongation ist ihren Untersuchungen zufolge der Winkel zwischen Okklusionsebene und Zugrichtung des Headgears. Je größer diese Winkel sind, desto eher ist mit einer Elongation der ersten oberen Molaren zu rechnen. Ungenügende Veränderungen hinsichtlich der Ästhetik bei Profilansicht und der Neigung zum Rezidiv sehen sie als weitere Komplikationsmöglichkeiten der Behandlung.

In einer weiteren Untersuchung kann WIESLÄNDER (1975) bei Patienten mit Angle-Klasse II-Malokklusion signifikante Stellungsänderungen der Sechsjahresmolaren nachweisen. Gegenüber einer Vergleichsgruppe kann er nach einer Behandlungszeit von annähernd drei Jahren eine Distalisation der oberen ersten Molaren um durchschnittlich 5 mm nachweisen. Dabei unterscheidet er in skelettale und dentoalveoläre Veränderungen und schreibt davon 2 mm dem skelettalen Bereich zu.

Zur Gewinnung von festen Referenzpunkten bei der Beurteilung der durch die Behandlung mit einem Headgear hervorgerufenen Veränderungen kommt es durch MELSEN (1978) zum Einsatz von Implantaten. Hauptblickpunkt ihrer Studie ist, die Unterschiede, hervorgerufen durch unterschiedliche Angulation des Headgears, in Bezug zur Okklusionsebene darzustellen. Dabei vergleicht sie einen Headgear mit 20° nach kranial angulierten Außenarmen mit einem Headgear mit 20° nach kaudal angulierten Außenarmen. Es zeigt sich, dass es bei Patienten mit Zugrichtung um

20° nach kaudal eine raschere Distalisation des Sechsjahresmolaren gibt als bei kranialer Zugrichtung. Gleichzeitig ist die Distalkippung dieser Gruppe größer. Ein signifikanter Unterschied in der Extrusion der ersten oberen Molaren kann jedoch nicht nachgewiesen werden.

SCHUMACHER und SANDER (1978) befassen sich mit der Krafteinwirkung des Headgears im Schlaf. Dazu statten sie den Gesichtsbogen mit einem linearen Weggeber auf jeder Seite aus, der die jeweilige Auslenkung der Feder in elektrische Spannung umwandelt. Mittels eines Direktschreibers kann die Krafteinwirkung des Headgears im Schlaf für jede Seite aufgezeichnet und dokumentiert werden. Sie beschreiben, dass die einwirkende Kraft keinesfalls symmetrisch erfolgt, sondern abhängig von der Flexion und Extension des Kopfes auf beiden Seiten meist unterschiedlich ist. Auch kommt es zu hohen Kräften, die das eigentlich therapeutisch gewünschte Ausmaß um das Mehrfache übersteigen. Sie postulieren die Forderung nach einem Gesichtsbogen, der mittels einer am Nackenzug angebrachten Apparatur die auftretenden Kräfte immer gleichmäßig auf beide Seiten verteilt.

ÜLGEN (1981) untersucht die Effekte des Headgears bei der Behandlung von Patienten mit Angle-Klasse II/1-Malokklusion und stellt die Ergebnisse einer Vergleichsgruppe gegenüber. Der beobachtete Zeitraum beträgt 1,8 Jahre bei einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von neun Jahren. Die zehn behandelten Patienten zeigen in der Oberkieferfront dentoalveolär eine signifikante Retrusion bei gleichzeitiger Extrusion und Distalisierung der Sechsjahresmolaren. Skelettal kommt es zu einer deutlichen Verkleinerung des maxillären Prognathiegrades.

JONAS (1978) beschäftigt sich mit den Veränderungen des Profils bedingt durch die Headgearbehandlung. Aufgrund von kephalometrischen Untersuchungen von 25 Patienten kommt sie nach 22 Monaten durchschnittlicher Behandlungsdauer zu dem Schluss, dass es durch die Behandlung sowohl zu einer signifikanten Verlagerung des A-Punktes als auch des korrespondierenden Weichgewebereichs nach dorsal kommt.

2.2 Der Bionator

2.2.1 Entwicklung und Konstruktion des Bionators

Die Funktionskieferorthopädie lässt sich bis auf ROUX (1893) zurückführen. Er definiert die für die Funktionskieferorthopädie wichtigen Begriffe wie Funktion, funktioneller Reiz und funktionelle Anpassung in Bezug auf die Kaumuskulatur und in Verbindung mit der funktionellen Einheit Kauorgan. Weiterhin fordert er die Integration des Grundprinzips der funktionellen Anpassung in alle orthodontischen Maßnahmen.

Durch ROBIN (1902) kommt es zur Entwicklung eines bimaxillären Gerätes, welches eine Übertragungshilfe der Muskelkräfte darstellt. Nachdem dieses locker im Mund sitzende Gerät von ANDRESEN (1953) weiterentwickelt wurde, verhelfen HÄUPL (1953) und PETRIK (1953) dem nun als Häuplaktivator bekannt gewordenen Gerät zum Einzug in die tägliche Praxis.

Das bimaxilläre Gerät besteht aus einem festen Kunststoffkörper, welcher Monobloc genannt wird. Da weiter keine Befestigungs- oder aktiven Zusatzelemente vorhanden sind, wird es locker im Mund getragen. Über eine Beeinflussung der orofacialen Muskulatur soll es zur Anpassung der Zahnreihen und des stomatognathen Systems kommen. Grundvoraussetzung ist der Konstruktionsbiss, der eine bestimmte Relation von Unterkiefer zu Oberkiefer festlegt und als wichtigster Arbeitsschritt bei der Herstellung des Aktivators zu sehen ist. Mittels eines Wachsbisses wird unter Berücksichtigung der Mittellinie und einer vertikalen Bissperrung von 2 mm zwischen den Incisivi eine Angle-Klasse I-Verzahnung angestrebt. Es ist möglich, den Aktivator mit Führungsflächen für die Unterkieferfrontzähne auszustatten. Des Weiteren ist ein Labialbogen, der an den Oberkieferfrontzähnen vorbeiführt, und Führungsflächen aus Kunststoff im Seitenzahngbiet, die die therapeutisch erwünschte Angle-Klasse I-Verzahnung sichern, vorhanden.

HÄUPL (1953) und PETRIK (1953) geben als Indikationsstellung sowohl die Angle-Klasse II-Malokklusion in Verbindung mit Tiefbiss und Kieferkompression als auch Dysgnathien des progenen Formkreises an.

Anschließend kommt es zu einer Vielzahl von Änderungen und Modifikationen, wie dem Funktionator von ESCHLER (1952), dem Funktionsregler von FRÄNKEL

(1970), dem Gebißformer von BIMLER (1964), dem Kinetor von STOCKFISCH (1966), dem Ü-Bügelaktivator von KARWETZKY (1984), dem offenen Aktivator von KLAMMT (1984), dem FKO-Kybernator von SCHMUTH (1983), dem Bionator von BALTERS (1964).

Gemeinsames Ziel ist es, durch Störung der Bisslage eine Aktivierung der orofacialen Muskeln zu bewirken, was eine Übertragung der Kräfte auf die Zähne und Kiefer bezwecken soll (HOTZ 1976).

BALTERS (1973) sieht die Hauptursache für skelettale und dentoalveoläre Fehlentwicklungen in einem Ungleichgewicht von äußerer zu innerer Muskulatur. Die Zunge erlangt eine zentrale Rolle. So richtet sich sein Behandlungskonzept hauptsächlich auf die Zunge und die vestibuläre Muskulatur aus. Dem Lippenschluss und der Vergrößerung des Mundraums kommt ebenfalls eine entscheidende Bedeutung zu (BALTERS 1973).

1960 entwickelt er drei Bionator-Modifikationen: Das Grundgerät, das Umkehrgerät und das Abschirmgerät.

Das Grundgerät, das BALTERS (1964) zur Behandlung von Distalbissen und Kompressionsbissen empfiehlt, besteht aus einem Monobloc. Mittels eines Wachsbisses wird die Kieferrelation bestimmt. Unter Berücksichtigung der Mittellinie sollen die Incisivi Kopfbissstellung aufweisen. Eine Ausnahme stellt die ausgeprägte Protrusion der Oberkieferfront dar, bei der der Unterkiefer bis Angle-Klasse I nach ventral geführt wird. Des Weiteren besitzt der Bionator einen Labialbogen aus 0,9 mm federhartem Stahldraht, der ab den Prämolaren in eine Buccinatorschlaufe übergeht. Durch die Buccinatorschlaufe soll eine Einlagerung des Weichgewebes zwischen den Zahnreihen verhindert werden. Ferner sollen der mimischen Muskulatur und der Wangenmuskulatur an den bukkalen Zahnreihen kein Angriffspunkt gegeben werden.

Zur Stimulation der dorsalen Zungenanteile entwickelt BALTERS (1964) den aus 1,2 mm Stahldraht bestehenden Zungenbügel, der auch Coffinfeder genannt wird. Dadurch wird der bis dahin schlechte Sitz des Gerätes durch eine Ventralverlagerung der Zunge aufgrund der Stimulation durch den Bügel stabilisiert. Gleichzeitig dient er zur Kontrolle von Schluck- und Sprechstörungen, die auf die Zunge zurückzuführen sind.

Der von BALTERS (1964) entwickelte Bionator wird von ASCHER (1968, 1984) modifiziert und ist seitdem als A-Bionator bekannt. Der Konstruktionsbiss sieht eine

vertikale Bissperrung von 2 mm im Bereich der Incisivi vor. Die Oberkieferfrontzähne erhalten eine Aufbissrille, die eine Elongation verhindern und eine sagittale Abstützung darstellen soll. Für die Abstützung der Unterkieferfrontzähne fungiert ein Kunststoffüberwurf.

Eine weitere Modifikation ist die Anbringung von Haltedornen aus 0,8 bis 0,9 mm hartem Stahldraht mesial der Sechsjahresmolaren. Diese ermöglichen einen besseren Halt des Bionators im Oberkiefer und verhindern dessen Absinken bei Erschlaffung der Muskulatur in der Nacht. Außerdem wirken die Dornen durch Ihren Sitz im interdentalen Bereich einer transversalen Erweiterung des Oberkiefersegments entgegen, was auf ihre scharfwinklige Abbiegung in den äußeren Approximalraum zurückzuführen ist (JANSON 1987).

Im Folgenden sind die Vorteile des Bionators gegenüber dem Aktivator noch einmal zusammengefasst:

- Aufgrund der grazileren Konstruktion ist eine bessere Phonetik möglich und das Gerät wird somit vom Patienten besser akzeptiert
- Die distal geschlossene Coffinfeder stimuliert den dorsalen Zungenrücken und bringt die Zunge nach anterior, was einen besseren Sitz des Gerätes zur Folge hat
- Die Buccinatorschlaufe verhindert eine Einlagerung von Weichgewebe und einen Angriffspunkt für die mimische Muskulatur. Ferner wird die Eruption von verkürzten Seitenzähnen nicht behindert (JANSON 1978)



Abb. 2: Bionator in der Modifikation nach Ascher

2.2.2 Einsatzmöglichkeiten des Bionators

Die morphologischen Indikationen lassen sich in skelettale und dentoalveoläre Aspekte aufteilen.

Zur Herbeiführung von skelettalen Veränderungen ist es möglich, den Bionator pubertär als auch vorpubertär einzusetzen. Es sollte ein orthognather Gesichtstyp, nach Möglichkeit mit anteriorer Inklination von Maxilla und Mandibula oder moderater posteriorer Inklination, vorliegen. Die Größe der sagittalen, interbasalen Relation (ANB-Winkel), die als Differenz von SNB und SNA definiert ist, hat 0° bis 6° zu betragen (JANSON 1987). Dies entspricht einer neutralen Relation der Kieferbasen oder einer moderaten, distalen Relation der Kieferbasen mit Ursache im Unterkiefer.

Als Kontraindikation für den Einsatz des Bionators gilt skelettal ein ausgeprägter, retrognather Gesichtstyp. Ferner darf die Größe des ANB-Winkels 10° nicht übersteigen und keine kombinierte mandibuläre und maxilläre Rotation nach posterior vorliegen. Die Maxilla darf keine Rotation nach anterior, die Mandibula keine Rotation nach posterior aufweisen (JANSON 1987).

Dentoalveolär kann der Bionator bei jeder Art von Angle-Klasse II-Okklusion im Wechselbiss oder frühen, bleibenden Gebiss eingesetzt werden.

Außer für morphologische wird der Bionator auch für funktionelle Anwendungsbereiche angewandt (JANSON 1987). Die habituelle Mundatmung, deren Auswirkung ein hoch liegender Gaumen und eine transversale Verkleinerung der Maxilla ist, kann wie Habits (z.B. Lutschen, Lippenbeißen, Zungenpressen) und die mandibuläre Zwangsbissführung behandelt werden.

JANSON (1978) sieht in einem suffizienten Mundschluss die Voraussetzung für ein Gleichgewicht der verschiedenen Muskelgruppen, das für eine Umformung der Zahnreihen und ihre positive Entwicklung mitverantwortlich ist.

Durch die positive Wirkung des Bionators auf die Zunge hinsichtlich einer anterioren Lage in der Mundhöhle sind positive Behandlungseffekte auf den Schluckakt, den Mundschluss und die Atmung zu erzielen.

2.2.3 Longitudinalstudien über den Aktivator bzw. Bionator

Das zentrale Thema der meisten über den Aktivator bzw. Bionator veröffentlichten Studien ist das Ausmaß skelettaler Veränderungen. Da von den Autoren der dentoalveoläre Einfluss als unbestritten gilt, stellt sich die Frage, ob es mit Hilfe des Bionators möglich ist, ein Wachstum der Mandibula über das genetisch determinierte Maß hinaus zu indizieren. So ist es möglich, eine skelettal bedingte Angle-Klasse II-Malokklusion durch Retrusion der Maxilla oder durch ein verstärktes Wachstum der Mandibula in eine Angle-Klasse I-Okklusion zu überführen. Anhänger der amerikanischen Schule (WOODSIDE 1973, JAKOBSSON 1976, LIEB 1968) sehen die Wirkung des Bionators in einer Dorsalverlagerung des A-Punktes und der Maxilla aufgrund einer Wachstumshemmung. Sie sehen nicht die Möglichkeit, das Wachstum der Mandibula durch die Behandlung mit dem Bionator über das natürliche Maß hinaus zu stimulieren. Dies wird jedoch, vorwiegend von deutschen Autoren, nicht als unmöglich betrachtet (BALTERS 1973, ASCHER 1984, DEMISCH 1973).

BJÖRK (1951) kann in einer Studie über die Aktivatorbehandlung kein zusätzlich indiziertes Wachstum neben dem natürlichen Wachstum feststellen. Er beobachtet lediglich Veränderungen im dentoalveolären Bereich, worin er die Hauptwirkung des Aktivators sieht.

Mittels einer kephalometrischen Studie stellt JAKOBSSON (1967) die Unterschiede zwischen einer Headgear- und einer Bionatorbehandlung fest. Jede Gruppe besteht aus 17 Patienten mit einer Angle-Klasse II/1-Okklusion. Nach einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von 1,5 Jahren kommt er nach Gegenüberstellung mit einer Vergleichsgruppe zu dem Ergebnis, dass es bei der Aktivatorbehandlung zu dentoalveolären Veränderungen im Sinne einer Retrusion der Oberkieferfront kommt. Es sind aber auch nicht signifikante skelettale Veränderungen hinsichtlich einer Wachstumshemmung der Maxilla nachzuweisen. Da er kein verstärktes Unterkieferwachstum feststellen kann, lehnt er diese These grundlegend ab.

Im Gegensatz dazu kann in den darauf folgenden Jahren FRÄNKEL (1970) ein Unterkieferwachstum durch einen Funktionsregler, der eine Modifikation des Aktivators darstellt, nachweisen. Er stellt kephalometrische Studien anhand von

Fernröntgenseitenbildern an und schreibt nach Behandlungsende das vollzogene Unterkieferwachstum hauptsächlich der Aktivatormodifikation zu.

HARVOLD und VARGERVIK (1971) können diese Aussage anhand von FRS-Messungen nicht bestätigen. Sie untersuchen 20 Patienten mit Angle-Klasse II-Malokklusion und stellen die Ergebnisse einer unbehandelten Kontrollgruppe mit dem gleichen Malokklusionstyp gegenüber. Das mandibuläre Wachstum nimmt in beiden Gruppen gleichermaßen zu. Ferner stellen sie eine Wachstumshemmung der Maxilla in sagittaler Richtung und eine Verringerung der Frontzahnstufe aufgrund einer Stellungsänderung der Oberkieferfront nach palatinal fest.

JANSON (1978) stellt mit dem A-Bionator, einer Modifikation des BALTERS-Bionators, kephalometrische Studien zur Wirkungsweise des Gerätes bei Patienten mit Angle-Klasse II-Okklusion an. Dabei vergleicht sie eine im Kontrast zu den anderen Autoren sehr große und homogene Behandlungsgruppe von 134 Patienten mit einer Kontrollgruppe von 73 Fällen. Die Patienten werden anhand von Handröntgenaufnahmen in pubertäre und vorpubertäre Gruppen eingeteilt. Nach einer durchschnittlichen Behandlungszeit von 14,5 Monaten kann JANSON (1978) nur signifikante Veränderungen im dentoalveolären Bereich bestätigen. Skelettale Veränderungen unterscheiden sich nicht signifikant von den Änderungen in der Kontrollgruppe und müssen deshalb dem natürlichen Wachstum zugerechnet werden. Des Weiteren stellt sie eine deutliche Verringerung der Frontzahnstufe fest. Diese kommt durch Retrusion der Oberkieferfront und Protrusion der Unterkieferfront zustande. Als Indikationen des A-Bionators sieht sie sowohl dentoalveolär als auch skelettal bedingte Malokklusionstypen, wenn ein skelettales Unterkieferwachstum im Hinblick auf die Eltern und Großeltern zu erwarten ist und somit kein hereditär bedingter Malokklusionstyp vorliegt.

Auch JONAS (1984) beschäftigt sich in einer kephalometrischen Studie mit den Auswirkungen des Aktivators. Dabei untersucht sie 25 Patienten mit Angle-Klasse II-Malokklusion auf den Einfluss einer Aktivatorbehandlung. Nach 2,5 Jahren durchschnittlicher Behandlungsdauer kommt sie im Vergleich zu einer 25-köpfigen Patientengruppe, die mit einem Headgear behandelt wird, zu der Erkenntnis, dass der Bionator positiv auf das knöcherne und weichgewebige Profil einwirkt. So kommt es nach Behandlung zu einer Reduktion des ANB-Winkels um 1°. Außerdem sieht sie positive Veränderungen bei der Einstellung eines ausgewogenen Interinzisalwinkels.

2.3 Die Kombinationsbehandlung Bionator-Headgear

Von HASUND (1969) wird die Möglichkeit beschrieben, Headgear und Bionator als Kombinationstherapie einzusetzen. Dadurch sollen die positiven Eigenschaften der Geräte bei der Behandlung von Angle-Klasse II-Okklusionen kombiniert und somit ein rascherer Behandlungserfolg erreicht werden. Durch Wachstumshemmung der Maxilla in sagittaler Richtung aufgrund des Headgear-Einsatzes und gleichzeitiger Förderung des Wachstums der Mandibula durch die Bionatortherapie soll es möglich sein, eine neutrale Stellung der Basen schneller zu erreichen und eine anschließende Behandlung mittels festsitzenden Apparaturen zu vereinfachen. Bis zu diesem Zeitpunkt ist das skelettale Behandlungsziel meist auf einen Kiefer beschränkt. Der Headgear soll ein weiteres Wachstum der Maxilla einschränken, was oft zu dem unerwünschten Großnasenprofil führt. Andere Autoren erwarten sich durch den Bionator ein verstärktes Wachstum der Mandibula in sagittaler Richtung, was aber in mehreren Untersuchungen nicht über das natürliche Wachstum hinaus nachgewiesen werden kann (JANSON 1978, JANSON und ÜBERLA 1979, JANSON und NOAHTAR 1998, JAKOBSSON 1967, LIEB 1968). HASUND (1969) beschreibt in seinen Ergebnissen, dass es aufgrund der Kombinationsbehandlung schneller möglich ist, eine Reduzierung des ANB-Winkels zu erreichen und damit eine Basenannäherung in sagittaler Richtung zu vollziehen. Dies ist damit zu erklären, dass es bei der Kombinationstherapie zu einer Annäherung beider Seiten kommt. Während der SNA-Winkel aufgrund der Wachstumshemmung der Maxilla im Verlauf der Behandlung durch den Headgear nicht schnell zunimmt, kommt es zu einer Stimulation des natürlichen Mandibulawachstums nach anterior. Die bei alleiniger Bionatorbehandlung oftmals beschriebene Protrusion der Unterkieferfront fällt bei den Untersuchungen von HASUND (1969) weniger stark aus. Außerdem beobachtet er eine schnelle Einstellung der Angle-Klasse I-Verzahnung im Molarenbereich bei gleichzeitiger transversaler Erweiterung der Ober- und Unterkieferbreite.

Auch PFEIFFER und GROBETY (1972) kommen zu dem Schluss, dass die Kombinationstherapie einer alleinigen Therapie mit Headgear oder Aktivator/Bionator überlegen ist. Sie behandeln 39 Patienten mit einer Angle-Klasse II/1-Malokklusion mit der Kombinationstherapie. Wie auch HASUND (1969) beschreiben sie die Vorgehensweise, die Patienten skelettal durch Annäherung der

Basen möglichst in eine neutrale Basenrelation zu überführen und somit eine anschließende Multibandbehandlung zur Feineinstellung der Achsneigungen wesentlich zu vereinfachen. In ihren Ergebnissen weisen sie eine signifikante Reduktion des ANB-Winkels von 6° auf $3,5^\circ$ im arithmetischen Mittel aufgrund signifikanter Verkleinerung des SNA-Winkels nach. Neben der dadurch deutlich hervorgehenden Profilverbesserung sind eine signifikante Vergrößerung des Interinzisalwinkels und eine signifikante Distalisierung der oberen Sechsjahrmolaren auffällig. Abschließend stellen PFEIFFER und GROBETY (1972) fest, dass die Behandlung mit dem Kombinationsgerät Bionator-Headgear nicht nur hinsichtlich des Behandlungsergebnisses Vorteile bietet, sondern auch die Behandlungsdauer im erheblichen Maße gesenkt werden kann.

3. Fragestellung

Ziel dieser Arbeit ist, Auswirkungen des zervikalen Headgears und des Bionators auf die oberen und unteren ersten Molaren sowie die oberen und unteren Eckzähne in transversaler Ebene bezüglich Rotation und Translation zu untersuchen. Da gerade der erste Molar eine entscheidende Rolle in der Okklusion spielt und deswegen in der Literatur oft als „key of occlusion“ (ANGLE 1897) bezeichnet wird, sollen Veränderungen des ersten Molaren und des Eckzahns im Ober- und Unterkiefer das Hauptthema dieser Arbeit sein.

In der Untersuchung werden Patienten einer Bionator-Headgear-Gruppe mit Patienten einer reinen Bionatorgruppe auf Unterschiede in sagittaler und transversaler Richtung im dentoalveolären Bereich verglichen. Durch den Einsatz einer Bionator-Vergleichsgruppe sollen Vorgänge, die nicht auf die Wirkungen des Bionators zurückzuführen sind, sondern dem Headgear oder physiologischen Prozessen wie zum Beispiel dem Wachstum zuzuschreiben sind, erkannt werden. Die erforderlichen Messungen werden im Gegensatz zu vielen anderen Studien über Modellanalysen nicht mit konventionellen Verfahren durchgeführt. Durch die Anwendung einer digitalen, computergestützten Modellanalyse soll herausgefunden werden, ob sich dessen Einsatz bei der Datenerhebung und -auswertung als Alternative zu konventionellen Verfahren erweist.

Folgende explizite Fragestellungen sollen erörtert werden:

1. Stellungsänderung der ersten Molaren in sagittaler und transversaler Richtung
2. Veränderungen der ersten Molaren hinsichtlich einer Rotation
3. Stellungsänderungen der Eckzähne in sagittaler und transversaler Richtung
4. Veränderungen der Eckzähne hinsichtlich einer Rotation
5. Veränderung der Okklusionsverhältnisse

4. Eigene Untersuchung

In der vorliegenden Studie werden die Unterschiede zwischen der Kombinationsbehandlung Bionator-Headgear und der alleinigen Behandlung mit einem Bionator hinsichtlich der bei der Therapie der Angle-Klasse II-Malokklusion entstehenden Zahnbewegungen untersucht.

4.1 Material und Methode

Untersucht werden insgesamt 60 Patienten, von denen 30 Patienten mit der Kombinationstherapie Bionator-Headgear und 30 Patienten mit dem Bionator behandelt werden.

Die Gruppe der Bionator-Headgearpatienten ist bei Behandlungsbeginn durchschnittlich 10,6 Jahre alt und die Behandlungsdauer beträgt durchschnittlich 2,0 Jahre. Von den 30 Patienten sind männliche und weibliche Patienten gleichermaßen mit je 15 Patienten vertreten.

Die Gruppe der Bionatorpatienten ist bei Behandlungsbeginn durchschnittlich 10,4 Jahre alt und die Behandlungsdauer beträgt durchschnittlich 2,2 Jahre. Von den 30 Patienten sind 17 weiblich und 13 männlich.

Die Auswahl der Patienten erfolgt nach folgenden Gesichtspunkten:

a) Behandlungsgrund

- Alle Patienten weisen zu Beginn der Behandlung eine Angle-Klasse II-Malokklusion auf

b) Befund

- Alle Zähne sind angelegt
- Bei den Patienten sind keine Anomalien der Zahnentwicklung oder des Zahndurchbruches bekannt, wie z.B. Überzahl, Unterzahl, Retention, Impaktierung, Transposition, vorzeitiger Verlust von Milchzähnen, vorzeitiger Verlust von bleibenden Zähnen, Persistenz, unterminierende Resorption
- Bei den Patienten liegt keine Indikation für eine Extraktionstherapie vor

c) Dokumentationsnotwendigkeit

- Zur Dokumentation der Behandlung ist es nötig, unmittelbar vor und nach der Behandlung Gipsmodelle zur Feststellung von Zahnbewegungen anzufertigen
- Zur genauen Kenntnis des Behandlungsablaufes ist eine vollständig geführte Patientenakte zu Behandlungsende nachzuweisen

4.1.1 Ablauf der Messungen

Die insgesamt 120 Ober- und Unterkiefermodelle werden alle mit dem von Dr. Wingberg an der Poliklinik für Kieferorthopädie der LMU München entwickelten Programm DiagnoseFix vermessen. Dies ist ein Programm zur kieferorthopädischen Auswertung von Röntgenbildern, Modellen sowie Fotos mit integrierter Bilddatenbank.

Für diesen Vorgang sind folgende technische Geräte nötig:

Ein Personal Computer mit installiertem Betriebssystem Windows 2000 Professional und den installierten Programmen DiagnoseFix und Microsoft Excel sowie ein Flachbettscanner der Marke Epson Expression 1680 Pro.

Zuerst ist es erforderlich, die Modelle mit Hilfe des Flachbettscanners in eine durch das Programm DiagnoseFix verarbeitbare Datei zu digitalisieren. Dazu werden alle Modelle mit einer Auflösung von 300 dpi (entspricht 11,8 Bildpunkten pro Millimeter) gescannt und im Programm DiagnoseFix abgespeichert (Abb. 3). Anschließend werden die für die Messung erforderlichen Punkte mittels eines roten Punktes markiert.



Abb. 3: Eingesanntes Ober- und Unterkiefermodell

4.1.2 Definition der Bezugslinien

4.1.2.1 Raphe mediana (Abb. 4)

Die Raphe mediana, die als Bezugslinie für transversale Zahnwanderungen und Rotationen verwendet wird, ist definiert durch die Verbindungslinie folgender Punkte:

- Punkt zwischen dem zweiten Gaumenfaltenpaar (*Plicae palatinae transversae*)
- Punkt zwischen den *Foveolae palatinae* am Übergang des harten zum weichen Gaumen

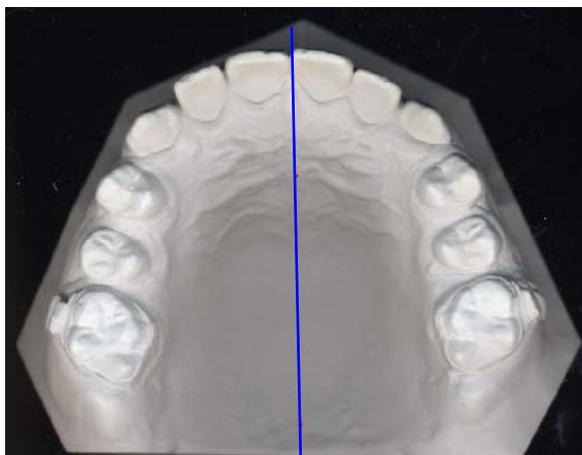


Abb. 4: Eingesanntes Oberkiefermodell mit blau eingezeichneter Raphe mediana

4.1.2.2 Konstruierte Mitte des Unterkiefers (Abb. 5)

Die Mitte des Unterkiefers wird durch die Verbindungslinie folgender Punkte definiert:

- Anteriorster Punkt im Unterkieferzahnbogen
- Punkt, der auf halber Strecke der Verbindungslinie der dorsalsten Punkte des linken und rechten Alveolarfortsatzes liegt

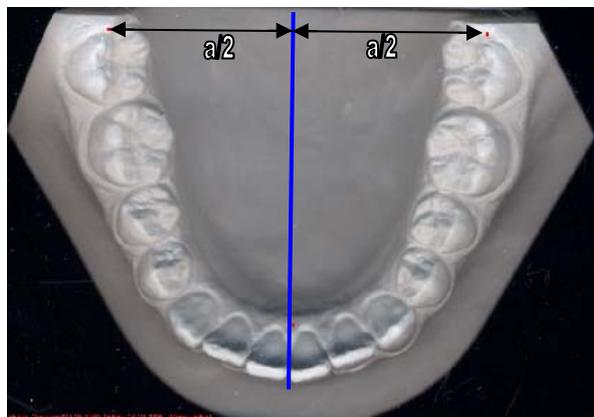


Abb. 5: Eingescanntes Unterkiefermodell mit blau eingezeichneter, konstruierter Unterkiefermitte

4.1.3 Definition der gemessenen Winkel in der Transversalen (Abb. 6)

4.1.3.1 Winkel des Zahnes 16/26 zur Raphe mediana

Winkel zwischen der Verbindungslinie des mesiobukkalen und mesiopalatinalen Höckers und der Raphe mediana.

4.1.3.2 Winkel des Zahnes 13/23 zur Raphe mediana

Winkel zwischen der Verbindungslinie des mesialen und distalen Punktes der Kaukante und der Raphe mediana.

4.1.3.3 Winkel des Zahnes 36/46 zur Mitte des Unterkiefers

Winkel zwischen der Verbindungslinie des mesiobukkalen und mesiolingualen Höckers und der konstruierten Mitte des Unterkiefers.

4.1.3.4 Winkel des Zahnes 33/43 zur Mitte des Unterkiefers

Winkel zwischen der Verbindungslinie des mesialen und distalen Punktes der Kaukante und der konstruierten Mitte des Unterkiefers.

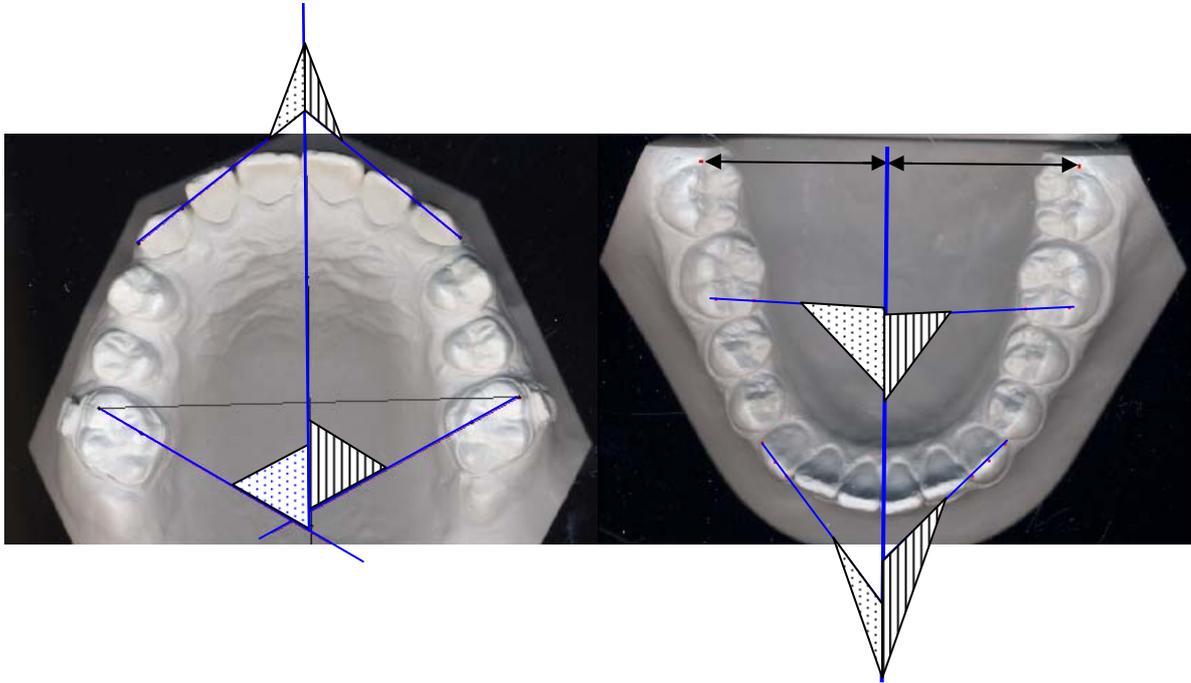


Abb. 6: Eingescanntes Ober- und Unterkiefermodell mit durch die gemessenen Winkel eingeschlossenen Flächen

4.1.4 Definition der gemessenen Strecken in der Transversalen (Abb. 7)

4.1.4.1 Abstand des Zahnes 16/26 zur Raphe mediana

Die Strecke ist definiert durch den Abstand des mesiopalatinalen Höckers zur Raphe mediana im 90° Winkel.

4.1.4.2 Abstand des Zahnes 13/23 zur Raphe mediana

Die Strecke ist definiert durch den Abstand der Kauspitze zur Raphe mediana im 90° Winkel.

4.1.4.3 Abstand des Zahnes 36/46 zur Mitte des Unterkiefers

Die Strecke ist definiert durch den Abstand des mesiolingualen Höckers zur Mitte des Unterkiefers im 90° Winkel.

4.1.4.4 Abstand des Zahnes 33/43 zur Mitte des Unterkiefers

Die Strecke ist definiert durch den Abstand der Kauspitze zur Mitte des Unterkiefers im 90° Winkel.

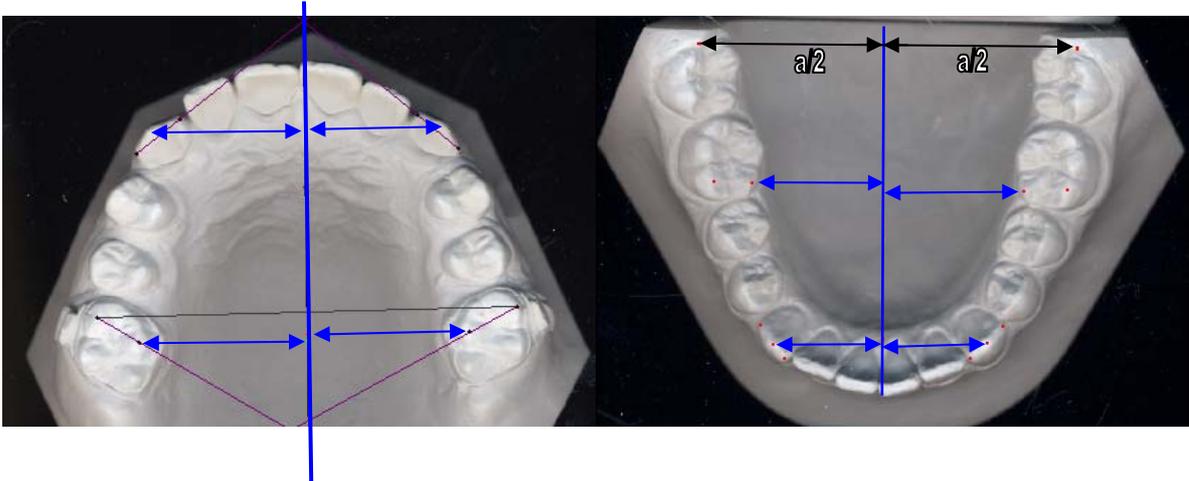


Abb. 7: Eingescanntes Ober- und Unterkiefermodell mit blau eingezeichneten Streckenmessungen in der Transversalen

4.1.5 Definition der gemessenen Strecken in der Sagittalen (Abb. 8)

Diese Strecken sind als Verbindungslinien folgender Punkte definiert:

- Anteriorster Punkt des Zahnbogens
- Schnittpunkt der Transversallinien mit der Raphe mediana im Oberkiefer und mit der skelettalen Mitte im Unterkiefer im 90° Winkel

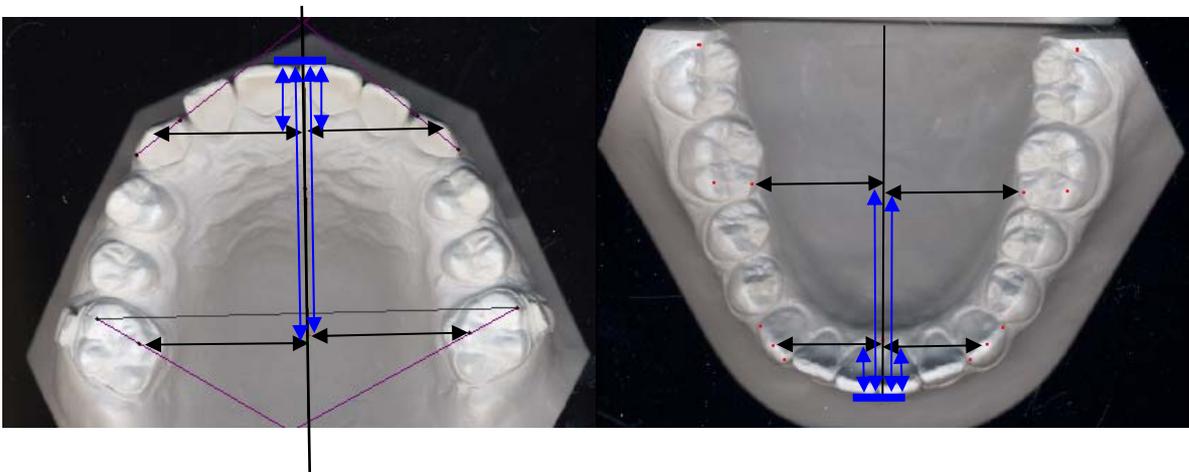


Abb. 8: Eingescanntes Ober- und Unterkiefermodell mit blau eingezeichneten Streckenmessungen in der Sagittalen

4.1.6 Vermessung der Okklusionsverhältnisse

Für die Beurteilung der Behandlung einer Angle-Klasse II-Malokklusion ist es von Bedeutung, die Annäherung der Zahnreihen anzugeben. Es wird untersucht, um wie viele Prämolarbreiten sich die beiden Zahnreihen im Laufe der Behandlung angenähert haben. Als Hauptkriterien dienen der erste Molar und der Eckzahn. Der bukkale Höcker des ersten oberen Molaren soll in die Querfissur des ersten unteren Molaren und die Kauspitze des ersten unteren Eckzahns zwischen den zweiten oberen Schneidezahn und oberen Eckzahn greifen.

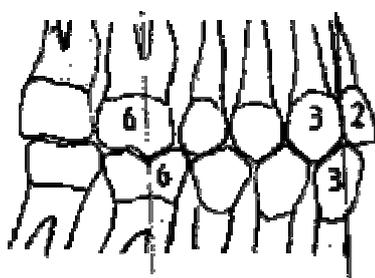


Abb. 9: Angle-Klasse I

Abweichungen von dieser Neutralbisslage bzw. Angle-Klasse I werden in Prämolarbreiten angegeben. In dieser Untersuchung wird bis auf $\frac{1}{4}$ Prämolarbreiten differenziert. Es wird in beiden Gruppen die während der Behandlung durchgemachte Annäherung an die therapeutisch erwünschte Angle-Klasse I in Prämolarbreiten ermittelt.

Zusätzlich wird die während der Behandlung vollzogene Änderung der sagittalen Frontzahnstufe untersucht. Sie ist definiert durch den sagittalen Abstand der Schneidekante der oberen zur Schneidekante der unteren Frontzähne.



Abb. 10. Sagittale Frontzahnstufe bzw. Overjet

4.1.7 Statistisches Programm

Das in dieser Studie verwendete statistische Programm zur Auswertung der Messdaten ist SPSS 12.0 für Microsoft Windows.

Damit werden die Daten auf Normalverteilung, Signifikanz und Häufigkeiten untersucht. Zuerst werden die Ergebnisse mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests auf Normalverteilung geprüft. Bei der Prüfung auf Normalverteilung werden die Ergebnisse, die die Differenz von den Werten nach Behandlung und den Werten vor Behandlung darstellen, mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test getestet. Da jede Untersuchungsgruppe aus 30 Patienten besteht, werden somit pro Messreihe 30 Daten auf Normalverteilung geprüft. Anschließend werden die normalverteilten Daten mit einem T-Test auf Signifikanz geprüft. Die Messreihen, die keine Normalverteilung aufweisen, werden zusätzlich mit dem Wilcoxon-Test auf Signifikanz geprüft. Als Signifikanzniveau wird $p < 0,05$ gewählt.

5. Ergebnisse

5.1 Ergebnisse der Bionator-Headgear-Kombinationsbehandlung

Die im Punkt 5.1 und 5.2 aufgeführten Daten sind Differenzen. Nach Behandlungsende werden die vor der Behandlung gemessenen Daten, die den Durchschnitt der 30 behandelten Patienten darstellen, von den nach der Behandlung gemessenen Werten subtrahiert. Es handelt sich also um die stattgefundene Veränderung innerhalb des Behandlungszeitraumes als arithmetisches Mittel der 30 Patienten.

5.1.1 Gemessene Winkel in der Transversalen

Die oberen ersten Molaren zeigen eine Vergrößerung des Winkels nach der Behandlung, das heißt, dass der Winkel zwischen der Verbindungslinie des mesiobukkalen und mesiopalatinalen Höckers und der Raphe mediana (Abb. 6) zunimmt. Die Vergrößerung des Winkels beträgt am Zahn 16 durchschnittlich $1,02^\circ$ und am Zahn 26 durchschnittlich $2,49^\circ$.

Die oberen Eckzähne zeigen ebenfalls ein symmetrisches Verhalten. Die gemessenen Werte stellen den Winkel zwischen der Verbindungslinie des mesialen und distalen Punktes der Kaukante und der Raphe mediana dar (Abb. 6). Die Messung am Zahn 13 zeigt eine Verkleinerung des Winkels um $1,10^\circ$, am Zahn 23 wird der Winkel um $1,42^\circ$ kleiner.

Die Winkel im Unterkiefer werden analog zu denen im Oberkiefer berechnet. Als Bezugslinie dient hier nicht die Raphe mediana, sondern die konstruierte Unterkiefermitte (Abb. 5).

Bei den unteren Molaren ergibt sich beidseitig eine Mesialrotation um $0,66^\circ$, also eine Verkleinerung des Winkels nach der Behandlung.

An den Zähnen 33 und 43 kommt es zu einer Zunahme des Winkels um $4,14^\circ$ und $3,02^\circ$.

In Tabelle 1 sind alle statistischen Daten zusammengefasst.

5. Ergebnisse

Tab. 1. Deskription der gemessenen Winkel in der Transversalen für die Bionator-Headgear-Kombinationsbehandlung

Deskriptive Statistik					
	Spannweite	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
16 zu R.m. in Grad	36,5	-19,1	17,4	1,02	7,52
26 zu R.m. in Grad	45,6	-14,9	30,7	2,49	9,22
13 zu R.m. in Grad	52,0	-21,1	30,9	-1,10	10,88
23 zu R.m. in Grad	47,9	-21,7	26,2	-1,42	8,44
36 zu K.M. in Grad	23,0	-13,6	9,4	-0,66	5,26
46 zu K.M. in Grad	24,5	-10,6	13,9	-0,66	6,19
33 zu K.M. in Grad	46,7	-8,1	38,6	4,14	11,83
43 zu K.M. in Grad	46,7	-16,3	30,4	3,02	11,50

5.1.2 Gemessene Strecken in der Transversalen

Die gemessenen Werte in Tabelle 2 zeigen am Zahn 16 eine Zunahme von 0,69 mm und am Zahn 26 eine Zunahme von 0,21 mm.

Die oberen Eckzähne erfahren während der Behandlung eine Translation nach bukkal. Die Abstände der Zähne 13 und 23 zur Raphe mediana nehmen im Behandlungszeitraum um durchschnittlich 0,50 mm und 0,31 mm zu.

Im Unterkiefer ist kein symmetrisches Verhalten zu beobachten.

Während der Abstand des Zahnes 36 zur konstruierten Unterkiefermitte um 0,56 mm zunimmt, kommt es zu einer geringen Abnahme der Strecke am Zahn 46 um 0,05 mm.

Der Zahn 33 zeigt eine Translation nach lingual um 0,22 mm, während am Zahn 43 eine Translation um 0,07 mm nach bukkal zu beobachten ist.

Alle weiteren statistischen Daten sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 2. Deskription der gemessenen Strecken in der Transversalen für die Bionator-Headgear-Kombinationsbehandlung

Deskriptive Statistik					
	Spannweite	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
16 zu R.m. in mm	6,0	-3,1	2,9	0,69	1,30
26 zu R.m. in mm	7,2	-4,4	2,8	0,21	1,37
13 zu R.m. in mm	6,1	-2,6	3,5	0,50	1,30
23 zu R.m. in mm	5,2	-2,4	2,8	0,31	1,24
36 zu K.M. in mm	4,5	-1,3	3,2	0,56	0,93
46 zu K.M. in mm	5,2	-3,2	2,0	-0,05	0,91
33 zu K.M. in mm	4,8	-3,7	1,1	-0,22	1,03
43 zu K.M. in mm	2,9	-1,8	1,1	0,07	0,68

5.1.3 Gemessene Strecken in der Sagittalen

Die oberen und unteren ersten Molaren bewegen sich auf den anteriorsten Punkt des Zahnbogens zu. Die Zähne 16 und 26 um 0,61 mm bzw. 0,53 mm, die Zähne 36 und 46 um 0,27 mm bzw. 0,31 mm.

Der Zahn 13 wandert ebenfalls um 0,18 mm nach mesial, während der Zahn 23 um 0,12 mm nach distal wandert.

Die Zähne 33 und 43 zeigen ein geringgradig differentes Verhalten. Während der Zahn 33 eine Bewegung nach mesial um 0,02 mm vollzieht, ist am Zahn 43 eine Bewegung um 0,04 mm nach distal zu beobachten.

In Tabelle 3 sind alle statistischen Daten zusammengefasst.

Tab. 3. Deskription der gemessenen Strecken in der Sagittalen für die Bionator-Headgear-Kombinationsbehandlung

Deskriptive Statistik					
	Spannweite	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
16 zu ant. P. in mm	10,4	-6,7	3,7	-0,61	2,22
26 zu ant. P. in mm	8,0	-4,0	4,0	-0,53	1,92
13 zu ant. P. in mm	4,9	-2,9	2,0	-0,18	1,04
23 zu ant. P. in mm	7,1	-3,5	3,6	0,12	1,43
36 zu ant. P. in mm	6,9	-3,3	3,6	-0,27	1,57
46 zu ant. P. in mm	8,5	-5,7	2,8	-0,31	1,76
33 zu ant. P. in mm	3,3	-1,8	1,5	-0,02	0,79
43 zu ant. P. in mm	4,7	-2,5	2,2	0,04	0,95

5.1.4 Änderung der sagittalen Okklusionsbeziehungen

In Tabelle 4 sind die durch die Behandlung entstandenen Änderungen der Okklusionsverhältnisse und der sagittalen Frontzahnstufe angegeben. Durch die Behandlung mit der Kombinationstherapie Bionator-Headgear wird eine Angle-Klasse I-Okklusion angestrebt. Zu Beginn der Behandlung weisen alle Patienten eine Angle-Klasse II-Malokklusion auf. Die Annäherung an die gewünschte Angle-Klasse I ist in Prämolarenbreiten angegeben. Da kein Wert negativ ist, ist in allen 30 Fällen keine weitere Verstärkung der Distalbisslage nachzuweisen, sondern eine Bewegung in Richtung einer physiologischen Höcker-Fossa Beziehung erfolgt. Bei neutralen Werten (0,00) ist der Ausgangsbefund mit dem Endbefund identisch. Die

5. Ergebnisse

zu Beginn der Behandlung in Prämolarenbreiten festgestellte Angle-Klasse II-Okklusion hat sich in diesem Fall nicht verändert.

In der rechten Spalte der Tabelle 4 ist die Differenz aus der vor und nach der Behandlung gemessenen sagittalen Frontzahnstufe dargestellt. Positive Werte bedeuten eine Verkleinerung der sagittalen Frontzahnstufe durch die Behandlung um den angegebenen Betrag.

Tab. 4. Veränderungen der Okklusionsbeziehungen und der sagittalen Frontzahnstufe

Patient	Annäherung der Okklusion zu einer Angle-Klasse I am		Sagittale Frontzahnstufe Veränderung in mm
	ersten Molar in Prämolarenbreiten	Eckzahn in Prämolarenbreiten	
1	0,00	0,25	2,00
2	0,50	0,50	1,50
3	0,25	0,00	0,00
4	0,50	0,50	1,00
5	0,25	0,25	0,00
6	0,50	0,50	1,00
7	0,25	0,25	0,50
8	0,50	0,50	2,00
9	0,50	0,50	1,50
10	0,25	0,25	0,50
11	0,50	0,50	3,00
12	0,50	0,50	1,00
13	0,25	0,25	2,50
14	0,50	0,25	1,00
15	0,25	0,50	3,00
16	0,25	0,25	2,00
17	0,25	0,25	1,00
18	0,25	0,25	1,00
19	1,00	1,00	4,00
20	0,50	0,50	1,50
21	0,25	0,25	1,50
22	0,25	0,25	2,00
23	0,00	0,00	3,00
24	0,50	0,50	2,00
25	0,25	0,25	2,50
26	0,25	0,50	2,00
27	0,50	0,50	1,50

-Fortsetzung-

28	0,50	0,50	4,00
29	0,50	0,50	2,00
30	1,00	1,00	2,00
Mittelwert	0,39	0,40	1,75

5.2 Ergebnisse der Bionator-Vergleichsgruppe

5.2.1 Gemessene Winkel in der Transversalen

Die Zähne 16 und 26 verhalten sich unterschiedlich. Beim Zahn 16 verkleinert sich der zwischen ihm und der Raphe mediana gebildete Winkel um $0,14^\circ$. Am Zahn 26 kommt es jedoch zu einer Vergrößerung um $0,60^\circ$ und damit zu einer Distalrotation. Auch an beiden oberen Eckzähnen kommt es zu einer Verkleinerung des gemessenen Winkels. Diese fällt am Zahn 13 mit $0,35^\circ$ etwas stärker aus als am Zahn 23 mit $0,29^\circ$.

Die Unterkiefermesswerte, die als Bezugslinie wieder die konstruierte Mitte des Unterkiefers haben, zeigen an den Molaren eine Verkleinerung und an den Eckzähnen eine Vergrößerung des Winkels.

Die Messwerte an den Zähnen 36 und 46 verkleinern sich um $0,93^\circ$ bzw. $2,29^\circ$, die Werte an den Zähnen 33 und 43 vergrößern sich um $3,26^\circ$ bzw. $1,94^\circ$.

In Tabelle 5 sind alle statistischen Daten zusammengefasst.

Tab. 5. Deskription der gemessenen Winkel in der Transversalen für die Bionator-Vergleichsgruppe

Deskriptive Statistik					
	Spannweite	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
16 zu R.m. in Grad	24,9	-12,7	12,2	-0,14	6,75
26 zu R.m. in Grad	26,4	-11,2	15,2	0,60	5,59
13 zu R.m. in Grad	48,3	-17,0	31,3	-0,35	9,32
23 zu R.m. in Grad	51,0	-21,9	29,1	-0,29	9,32
36 zu K.M. in Grad	31,9	-21,5	10,4	-0,93	7,42
46 zu K.M. in Grad	23,7	-13,4	10,3	-2,29	5,21
33 zu K.M. in Grad	32,8	-9,7	23,1	3,26	9,18
43 zu K.M. in Grad	28,80	-9,0	19,8	1,94	7,67

5. Ergebnisse

5.2.2 Gemessene Strecken in der Transversalen

Die Ergebnisse im Oberkiefer zeigen bis auf den Zahn 23 eine Bewegung der Molaren und Eckzähne nach bukkal. Der Abstand der Raphe mediana nimmt zu dem Zahn 16 um 0,64 mm, zu dem Zahn 26 um 0,13 mm und zu dem Zahn 13 um 0,32 mm zu. Nur bei der Messung am Zahn 23 kommt es zu einer Verkleinerung der Strecke um 0,16 mm.

Im Unterkiefer nähern sich die Zähne 36 und 46 um 0,15 mm und 0,23 mm der konstruierten Unterkiefermitte an.

Die Eckzähne im Unterkiefer zeigen eine Vergrößerung der gemessenen Strecke um jeweils 0,48 mm und bewegen sich damit nach bukkal.

In Tabelle 6 sind alle statistischen Daten zusammengefasst.

Tab. 6. Deskription der gemessenen Strecken in der Transversalen für die Bionator-Vergleichsgruppe

Deskriptive Statistik					
	Spannweite	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
16 zu R.m. in mm	8,1	-3,3	4,8	0,64	1,74
26 zu R.m. in mm	6,6	-2,9	3,7	0,13	1,64
13 zu R.m. in mm	4,0	-1,5	2,5	0,32	0,98
23 zu R.m. in mm	6,0	-3,8	2,2	-0,16	1,31
36 zu K.M. in mm	4,1	-2,8	1,3	-0,15	0,93
46 zu K.M. in mm	4,5	-2,7	1,8	-0,23	0,98
33 zu K.M. in mm	9,5	-2,4	7,1	0,48	1,61
43 zu K.M. in mm	5,2	-2,2	3,0	0,48	1,23

5.2.3 Gemessene Strecken in der Sagittalen

Die oberen und unteren ersten Molaren zeigen während der Behandlung Mesialisierungstendenzen. Die Zähne 16 und 26 nähern sich dem anteriorsten Punkt des Zahnbogens um 0,93 mm bzw. 0,94 mm. Die Zähne 36 und 46 nähern sich um 0,53 mm bzw. 0,84 mm diesem Punkt.

Die oberen und unteren Eckzähne entfernen sich vom anteriorsten Punkt des Zahnbogens und bewegen sich damit nach distal. Die Zähne 13 und 23 um 0,17 mm bzw. 0,07 mm, die Zähne 33 und 43 um 0,26 mm bzw. 0,15 mm.

In Tabelle 7 sind alle statistischen Daten zusammengefasst.

5. Ergebnisse

Tab. 7. Deskription der gemessenen Strecken in der Sagittalen für die Bionator-Vergleichsgruppe

Deskriptive Statistik					
	Spannweite	Min.	Max.	Mittelwert	Standardabweichung
16 zu ant. P. in mm	8,9	-4,5	4,4	-0,93	2,02
26 zu ant. P. in mm	7,4	-5,6	1,8	-0,94	2,03
13 zu ant. P. in mm	9,3	-3,1	6,2	0,17	1,99
23 zu ant. P. in mm	9,6	-3,3	6,3	0,07	1,90
36 zu ant. P. in mm	5,3	-3,3	2,0	-0,53	1,36
46 zu ant. P. in mm	6,2	-3,7	2,5	-0,84	1,37
33 zu ant. P. in mm	4,1	-2,0	2,1	0,26	0,97
43 zu ant. P. in mm	4,5	-2,3	2,2	0,15	1,02

5.2.4 Änderung der sagittalen Okklusionsbeziehungen

Die Messungen in diesem Kapitel sind analog zu den im Kapitel 5.1.4 beschriebenen Messungen.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tab. 8. Veränderungen der Okklusionsbeziehungen und der sagittalen Frontzahnstufe

Patient	Annäherung der Okklusion zu einer Angle-Klasse I am		Sagittale Frontzahnstufe Veränderung in mm
	ersten Molar in Prämolarenbreiten	Eckzahn in Prämolarenbreiten	
1	0,75	0,75	3,00
2	0,25	0,00	1,00
3	0,25	0,25	1,00
4	0,50	0,25	2,00
5	0,25	0,00	0,00
6	0,25	0,25	1,50
7	0,50	0,50	5,00
8	0,25	0,25	0,50
9	0,25	0,25	2,50
10	0,00	0,25	1,00
11	0,00	0,25	0,50
12	0,25	0,25	0,00
13	0,50	0,50	2,00
14	0,50	0,50	2,00

-Fortsetzung-

15	0,25	0,25	1,00
16	0,25	0,50	1,00
17	0,25	0,25	3,00
18	0,00	0,25	1,00
19	0,50	0,25	3,50
20	0,00	0,25	1,00
21	0,25	0,25	0,50
22	0,00	0,25	0,00
23	0,25	0,25	0,50
24	0,25	0,50	1,00
25	0,50	0,25	1,00
26	0,25	0,25	1,00
27	0,50	0,25	1,00
28	0,25	0,25	1,00
29	0,25	0,25	0,00
30	0,50	0,50	1,50
Mittelwert	0,29	0,30	1,33

5.3 Vergleich der gemessenen Werte der Bionator-Headgear-Kombinationsbehandlung mit der Bionator-Vergleichsgruppe

In diesem Kapitel sollen die Unterschiede der in dieser Studie untersuchten Gruppen gezeigt werden. Die in den folgenden Tabellen dargestellten Daten der einzelnen Gruppen stellen - wie in den Kapiteln 5.1 und 5.2 - die Durchschnittswerte der 30 Patienten der jeweiligen Gruppe dar. Sie spiegeln die während der Behandlungsdauer abgelaufenen Veränderungen wider. Die in den Tabellen gezeigten Differenzen werden aus beiden Gruppen gebildet. Dabei werden die Werte der Bionator-Vergleichsgruppe von den entsprechenden Werten der Bionator-Headgear-Gruppe subtrahiert. Die Differenzen sind der direkte Vergleich der Bionator-Headgear-Gruppe mit der Bionator-Vergleichsgruppe und zeigen den Unterschied der korrespondierenden Messungen. Diese Gegenüberstellung ist für den folgenden Diskussionsteil von entscheidender Bedeutung.

5.3.1 Vergleich der gemessenen Winkel in der Transversalen

In Tabelle 9 ist die Gegenüberstellung der beiden Gruppen und deren Differenzen zu sehen. Bezüglich der Tendenz der Veränderung verhalten sich die zusammengehörenden Zahngruppen ähnlich.

Die oberen Molaren neigen während der Behandlung in der Bionator-Headgear-Gruppe deutlicher zu einer Vergrößerung des zur Raphe mediana gemessenen Winkels als die Vergleichsgruppe.

Bei den oberen Eckzähnen ist in beiden Gruppen eine Winkelverkleinerung zu beobachten, wobei im direkten Vergleich die Bionator-Headgear-Gruppe eine stärkere Tendenz dazu aufweist. Dies ist in Tabelle 9 an den Differenzen von $-0,75^\circ$ und $-1,13^\circ$ bezogen auf die Zähne 13 bzw. 23 zu sehen.

Die unteren Molaren ergeben nach Subtraktion der beiden Gruppen wie die unteren Eckzähne einen positiven Differenzwert. Dieser positive Wert ist bei den unteren Molaren auf eine nicht so ausgeprägte Winkelverkleinerung in der Bionator-Headgear-Gruppe im Vergleich zur Bionator-Vergleichsgruppe zurückzuführen.

Die unteren Eckzähne zeigen in der Bionator-Headgear-Gruppe eine stärkere Vergrößerung des Winkels als in der Vergleichsgruppe.

Tab. 9. Gegenüberstellung der gemessenen Winkel beider Gruppen in der Transversalen

	Bionator-Headgear	Vergleichsgruppe Bionator	Differenz
16 zu R.m. in Grad	1,02	-0,14	1,16
26 zu R.m. in Grad	2,49	0,60	1,89
13 zu R.m. in Grad	-1,10	-0,35	-0,75
23 zu R.m. in Grad	-1,42	-0,29	-1,13
36 zu K.M. in Grad	-0,66	-0,93	0,27
46 zu K.M. in Grad	-0,66	-2,29	1,63
33 zu K.M. in Grad	4,14	3,26	0,88
43 zu K.M. in Grad	3,02	1,94	1,08

5.3.2 Vergleich der gemessenen Strecken in der Transversalen

Die oberen Molaren verhalten sich in beiden Gruppen ähnlich. Die Zähne 16 und 26 der Bionator-Headgear-Gruppe tendieren nur geringfügig zu einer Erweiterung des

5. Ergebnisse

Zahnbogens im Vergleich zur Bionator-Gruppe. Der Unterschied der beiden Gruppen beträgt am Zahn 16 0,05 mm und am Zahn 26 0,08 mm (Tab. 10).

Auch an den oberen Eckzähnen und unteren Molaren ist diese Tendenz nachzuweisen. Während an diesen Zähnen bei der Bionator-Headgear-Gruppe eine Vergrößerung bzw. am Zahn 46 eine geringe Verkleinerung von 0,05 mm der gemessenen Strecke nachzuweisen ist, fallen die Werte in der Vergleichsgruppe kleiner aus als die korrespondierenden Werte der Bionator-Headgear-Gruppe. Die Folge sind positive Differenzwerte und eine größere Intercaninidistanz des Oberkiefers bzw. größere Intermolarendistanz des Unterkiefers in der Bionator-Headgear-Gruppe.

Nur die Unterkiefer Eckzähne haben in Tabelle 10 negative Differenzwerte. Dies bedeutet, dass die Bionator-Vergleichsgruppe hinsichtlich der Eckzähne eine größere Bewegung nach bukkal vollzieht als die Bionator-Headgear-Gruppe.

Tab. 10. Gegenüberstellung der gemessenen Strecken beider Gruppen in der Transversalen

	Bionator-Headgear	Vergleichsgruppe Bionator	Differenz
16 zu R.m. in mm	0,69	0,64	0,05
26 zu R.m. in mm	0,21	0,13	0,08
13 zu R.m. in mm	0,50	0,32	0,18
23 zu R.m. in mm	0,31	-0,16	0,47
36 zu K.M. in mm	0,56	-0,15	0,71
46 zu K.M. in mm	-0,05	-0,23	0,18
33 zu K.M. in mm	-0,22	0,48	-0,70
43 zu K.M. in mm	0,07	0,48	-0,41

5.3.3 Vergleich der gemessenen Strecken in der Sagittalen

In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der Messungen gegenübergestellt.

Bei den oberen Molaren kommt es in der Bionator-Vergleichsgruppe zu einer größeren Mesialwanderung als in der Bionator-Headgear-Gruppe. Der Unterschied der beiden Gruppen beträgt am Zahn 16 0,32 mm und am Zahn 26 0,41 mm.

Die Ergebnisse an den oberen Eckzähnen zeigen ein asymmetrisches Verhalten. Der Zahn 13 zeigt in der Bionator-Headgear Gruppe mit -0,18 mm und in Differenz mit der Bionator-Vergleichsgruppe mit -0,35 mm Mesialisierungstendenzen.

Am Zahn 23 besteht ein kleiner Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Die Differenz beträgt 0,05 mm.

Das Verhalten der unteren Molaren ist analog zu dem der oberen Molaren. Die Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten zeigt eine geringere Mesialisierungstendenz als die Vergleichsgruppe. Der Unterschied der beiden Gruppen beträgt am Zahn 36 0,26 mm und am Zahn 46 0,53 mm.

An den Zähnen 33 und 43 ist in der Bionator-Headgear-Gruppe durch die Behandlung fast keine Stellungsänderung hinsichtlich einer Mesialisierung oder Distalisierung festzustellen. Die Änderungen sind mit -0,02 mm am Zahn 33 und 0,04 mm am Zahn 34 sehr gering. Die im Vergleich größeren positiven Werte der Bionator- Vergleichsgruppe stellen eine Distalisierung beider unterer Eckzähne dar.

Tab. 11. Gegenüberstellung der gemessenen Strecken beider Gruppen in der Sagittalen

	Bionator-Headgear	Vergleichsgruppe Bionator	Differenz
16 zu ant. P. in mm	-0,61	-0,93	0,32
26 zu ant. P. in mm	-0,53	-0,94	0,41
13 zu ant. P. in mm	-0,18	0,17	-0,35
23 zu ant. P. in mm	0,12	0,07	0,05
36 zu ant. P. in mm	-0,27	-0,53	0,26
46 zu ant. P. in mm	-0,31	-0,84	0,53
33 zu ant. P. in mm	-0,02	0,26	-0,28
43 zu ant. P. in mm	0,04	0,15	-0,11

5.3.4 Vergleich beider Gruppen hinsichtlich Okklusionsänderungen

Die unter den Kapiteln 5.1.4 (Bionator-Headgear) und 5.2.4 (Bionator) dargestellten Veränderungen der sagittalen Okklusionsbeziehungen und der sagittalen Frontzahnstufe sind in folgender Tabelle als Durchschnitt gegenübergestellt.

Der kombinierte Einsatz von Bionator und Headgear zeigt sowohl am Eckzahn als auch am ersten Molaren eine um 0,10 Prämolarenbreiten größere Bewegungstendenz in Richtung Angle-Klasse I als die alleinige Bionatortherapie.

Die Verkleinerung der sagittalen Frontzahnstufe ist in beiden Gruppen unterschiedlich. Sie ist in der Bionator-Headgear-Gruppe um 0,42 mm deutlicher erfolgt.

Tab. 12. Durchschnittliche Veränderung der Okklusionsbeziehungen beider Gruppen

	Annäherung zu einer Angle-Klasse I in Pb* am		Sagittale Frontzahnstufe
	ersten Molar	Eckzahn	Veränderung in mm
Bionator-Headgear	0,39	0,40	1,75
Bionator	0,29	0,30	1,33
Differenz	0,10	0,10	0,42

* Prämolarenbreiten

5.4 Allgemeine Statistik

5.4.1 Testung auf Normalverteilung der digital gemessenen Werte

In Tabelle 13 sind die Ergebnisse des Kolmogorov-Smirnov-Tests zu sehen. Als Signifikanzniveau wird $p < 0,05$ gewählt.

Es zeigt sich, dass nicht alle Messreihen eine Normalverteilung der Daten aufweisen. Grau hinterlegte Werte sind nicht normalverteilt und werden bei der Prüfung auf Signifikanz der Ergebnisse zusätzlich mit dem Wilcoxon-Test geprüft.

In der Bionator-Headgear-Gruppe sind wie in der Bionator-Vergleichsgruppe 6 von insgesamt 24 Messreihen nicht normal verteilt.

Tab. 13. Testung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test^a

		Signifikanz	
		Bio-HG Gruppe	Bio Gruppe
Winkel in der Transversalen	16 zu R.m. in Grad	0,200*	0,200*
	26 zu R.m. in Grad	0,200*	0,200*
	13 zu R.m. in Grad	0,023	0,078
	23 zu R.m. in Grad	0,000	0,025
	36 zu K.M. in Grad	0,200*	0,090
	46 zu K.M. in Grad	0,200*	0,200*
	33 zu K.M. in Grad	0,001	0,001
	43 zu K.M. in Grad	0,109	0,010
Strecken in der Transversalen	16 zu R.m. in mm	0,200*	0,200*
	26 zu R.m. in mm	0,069	0,200*
	13 zu R.m. in mm	0,200*	0,057
	23 zu R.m. in mm	0,200*	0,200*
	36 zu K.M. in mm	0,022	0,001
	46 zu K.M. in mm	0,140	0,200*
	33 zu K.M. in mm	0,015	0,011
	43 zu K.M. in mm	0,156	0,050

- Fortsetzung -

Strecken in der Sagittalen	16 zu ant. P. in mm	0,106	0,200*
	26 zu ant. P. in mm	0,200*	0,106
	13 zu ant. P. in mm	0,200*	0,200*
	23 zu ant. P. in mm	0,200*	0,200*
	36 zu ant. P. in mm	0,200*	0,200*
	46 zu ant. P. in mm	0,023	0,200*
	33 zu ant. P. in mm	0,200*	0,200*
	43 zu ant. P. in mm	0,200*	0,200*
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors			
*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz			

5.4.2 T-Test bei unabhängigen Stichproben für die digital gemessenen Werte

Dieser Test dient der Überprüfung, ob signifikante Unterschiede zwischen der Bionator-Headgear-Gruppe und der Bionator-Vergleichs-Gruppe vorliegen. Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$. Die Werte sind in der Tabelle 14 zusammengefasst. Zur Vervollständigung ist die mittlere Differenz der beiden Gruppen angegeben. Grau hinterlegte Werte zeigen keine Normalverteilung (Tab. 13) und werden im Kapitel 5.4.3 zusätzlich mit dem Wilcoxon-Test auf Signifikanz der Messreihen geprüft.

Tab. 14. T-Test für unabhängige Stichproben

	Signifikanz	Mittlere Differenz der Werte
16 zu R.m. in Grad	0,913	1,15
26 zu R.m. in Grad	0,055	1,90
13 zu R.m. in Grad	0,558	-0,75
23 zu R.m. in Grad	0,529	-1,12
36 zu K.M. in Grad	0,192	0,27
46 zu K.M. in Grad	0,390	1,63
33 zu K.M. in Grad	0,698	0,88
43 zu K.M. in Grad	0,029	1,08
16 zu R.m. in mm	0,178	0,06
26 zu R.m. in mm	0,144	0,08
13 zu R.m. in mm	0,276	0,18
23 zu R.m. in mm	0,891	0,48

5. Ergebnisse

- Fortsetzung –

36 zu K.M. in mm	0,829	0,71
46 zu K.M. in mm	0,408	0,18
33 zu K.M. in mm	0,218	-0,70
43 zu K.M. in mm	0,008	-0,42
16 zu ant. P. in mm	0,685	0,31
26 zu ant. P. in mm	0,767	0,40
13 zu ant. P. in mm	0,025	-0,35
23 zu ant. P. in mm	0,351	0,05
36 zu ant. P. in mm	0,647	0,25
46 zu ant. P. in mm	0,386	0,53
33 zu ant. P. in mm	0,253	-0,28
43 zu ant. P. in mm	0,710	-0,11

5.4.3 Wilcoxon-Test für die digital gemessenen Werte

Der Wilcoxon-Test ist der am häufigsten verwendete Test bei zwei unabhängigen Stichproben, die keine Normalverteilung aufweisen. Er ist äquivalent zum Mann-Whitney-U-Test und dem Kruskal-Wallis-Test für zwei Gruppen. Mit dem Wilcoxon-Test wird überprüft, ob zwei Grundgesamtheiten die gleiche Lage besitzen. Die Beobachtungen aus beiden Gruppen werden kombiniert und in eine gemeinsame Reihenfolge gebracht. Im Falle von Rangbindungen wird ein durchschnittlicher Rang vergeben. Es wird berechnet, wie oft ein Wert aus Gruppe 1 einem Wert der Gruppe 2 und wie oft ein Wert aus Gruppe 2 einem Wert der Gruppe 1 vorangeht. In Tabelle 15 sind die Ergebnisse des Tests aufgeführt. Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$.

Tab. 15. Wilcoxon-Test für nicht normal verteilte Messreihen

	Typ	Anzahl Messdaten	Mittlerer Rang	Rangsumme	p-Wert
13 zu R.m. in Grad	Bio-HG	30	30,87	926,00	0,871
	Bio	30	30,13	904,00	
	Gesamt	60			
23 zu R.m. in Grad	Bio-HG	30	28,77	863,00	0,442
	Bio	30	32,23	967,00	
	Gesamt	60			
33 zu K.M. in Grad	Bio-HG	30	30,67	920,00	0,941
	Bio	30	30,33	910,00	
	Gesamt	60			

5. Ergebnisse

- Fortsetzung -

43 zu K.M. in Grad	Bio-HG	30	30,22	906,50	0,900
	Bio	30	30,78	923,50	
	Gesamt	60			
33 zu K.M. in mm	Bio-HG	30	27,08	812,50	0,129
	Bio	30	33,92	1.017,50	
	Gesamt	60			
36 zu K.M. in mm	Bio-HG	30	36,17	1.085,00	0,012
	Bio	30	24,83	745,00	
	Gesamt	60			
46 zu ant. P. in mm	Bio-HG	30	34,83	1.045,00	0,054
	Bio	30	26,17	785,00	
	Gesamt	60			

5.4.4 Überprüfung der sagittalen Okklusionsveränderungen auf Normalverteilung

Überprüft werden jeweils beide Gruppen. Jede Gruppe besteht aus 30 Patienten. Es ergeben sich an einem Messort 30 gemessene Werte pro Gruppe. Diese werden in den folgenden Tabellen auf Normalverteilung geprüft. Wie aus den Tabellen 16 bis 18 ersichtlich ist, zeigen die Änderungen der sagittalen Okklusionsbeziehungen am Eckzahn (Tabelle 16), am ersten Molaren (Tabelle 17) und an der sagittalen Frontzahnstufe (Tabelle 18) in beiden Gruppen Normalverteilung. Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$.

Die Frage, inwieweit signifikante Unterschiede an den entsprechenden Messorten zwischen beiden Gruppen vorliegen, kann wegen der festgestellten Normalverteilung mit einem parametrischen Verfahren (T-Test für unabhängige Stichproben) beantwortet werden.

Tab. 16. Kolmogorov-Smirnov-Test für die Okklusionsveränderungen des Eckzahns

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Statistik	df	Signifikanz
Bionator	0,395	30	0,000
Bionator-Headgear	0,261	30	0,000
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors			

5. Ergebnisse

Tab. 17. Kolmogorov-Smirnov-Test für die Okklusionsveränderungen des ersten Molaren

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Statistik	df	Signifikanz
Bionator	0,288	30	0,000
Bionator-Headgear	0,248	30	0,000
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors			

Tab. 18. Kolmogorov-Smirnov-Test für die Änderungen des Overjet

	Kolmogorov-Smirnov(a)		
	Statistik	df	Signifikanz
Bionator	0,282	30	0,000
Bionator-Headgear	0,169	30	0,029
a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors			

5.4.5 T-Test bei unabhängigen Stichproben für die sagittalen Okklusionsveränderungen

In den folgenden drei Tabellen wird überprüft, ob signifikante Unterschiede der beiden Gruppen hinsichtlich sagittaler Okklusionsveränderungen vorliegen. Die Ergebnisse der beobachteten sagittalen Okklusionsveränderungen in Richtung Angle-Klasse I sind in beiden Gruppen signifikant unterschiedlich. Am Eckzahn (Tabelle 19) beträgt die Signifikanz 0,048 und am ersten Molaren (Tabelle 20) 0,046. Im Hinblick auf eine Veränderung der sagittalen Frontzahnstufe (Tabelle 21) kann kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen nachgewiesen werden. Das Signifikanzniveau beträgt $p < 0,05$.

Tab. 19. T-Test für die sagittalen Veränderungen am Eckzahn

	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
						Untere	Obere
Varianzen sind gleich	-2,023	58	0,048	-0,100	0,049	-0,199	-0,001
Varianzen sind nicht gleich	-2,023	51,191	0,048	-0,100	0,049	-0,199	-0,001

5. Ergebnisse

Tab. 20. T-Test für die sagittalen Veränderungen am Molaren

	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
						Untere	Obere
Varianzen sind gleich	-1,876	58	0,046	-0,100	0,053	-0,207	0,007
Varianzen sind nicht gleich	-1,876	56,138	0,046	-0,100	0,053	-0,207	0,007

Tab. 21. T-Test für die Veränderungen der sagittalen Frontzahnstufe

	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
						Untere	Obere
Varianzen sind gleich	-1,501	58	0,139	-0,417	0,278	-0,972	0,139
Varianzen sind nicht gleich	-1,501	57,126	0,139	-0,417	0,278	-0,973	0,139

6. Diskussion

6.1 Diskussion der digitalen Modellanalyse

Der in dieser Studie gewonnene Datensatz basiert auf einer digitalen Modellvermessung. Im Gegensatz zu konventionellen Methoden der Modellvermessung ist es nötig, die zu vermessenen Modelle in digitaler Form vorliegen zu haben. Das heißt, dass diese zuerst mit Hilfe eines Scanners digitalisiert werden müssen. Anschließend können die Messungen mit einem entsprechenden Programm vorgenommen werden. Im Bereich der Modellvermessung zum Nachweis dentoalveolärer Veränderungen war es meist nicht üblich, auf digitale Messmethoden zurückzugreifen. Die Messungen wurden mit einer Parallaxenplatte und einer Schieblehre vorgenommen. Dabei wird die Parallaxenplatte auf die Zahnreihe gelegt und man kann aufgrund ihrer Transparenz und der darauf vorhandenen Millimeterskalierung Abstände des unter der Platte befindlichen Modells messen. Dabei ist zu beachten, dass die Lage der Platte parallel zu der Okklusionsebene des Modells sein sollte. Ansonsten ist nicht auszuschließen, dass es aufgrund einer Schiefelage zu Fehlmessungen kommt. Weiterer wichtiger Punkt ist, dass der Betrachter bei der Messung möglichst in einem 90°-Winkel auf die Skalierung der Parallaxenplatte und des darunter liegenden Messpunktes blickt, weil bei Missachtung Fehlmessungen durch unterschiedliche Blickwinkel entstehen können.

Die Schieblehre wird wie die Parallaxenplatte zur Messung von Strecken angewendet. Auch hier sind Anwendungsfehler nicht auszuschließen. Ein Problem stellen zum Beispiel Abstandsmessungen im interdentalen Bereich dar. Es ist in diesem Falle nicht möglich, die Schieblehre an dem Punkt anzulegen, an dem die Messung erfolgt, da dafür der Platz fehlt. Die Folge ist, dass die Schieblehre mit ihren Messarmen über der zu messenden Strecke liegt und die die Strecke begrenzenden Punkte nur schätzungsweise trifft.

Abgesehen von der besprochenen Problematik, Messungen an Strecken vorzunehmen, ist es mit konventionellen Vermessungsverfahren nur schwer möglich, Winkelmessungen zu tätigen. Zur Bestimmung eines Winkels sind zwei Geraden bzw. Strecken nötig, welche keine Parallelität und somit einen Schnittpunkt aufweisen. Es können mittels einer transparenten Platte, die analog

zur Parallaxenplatte auf die Zahnreihen gelegt wird und auf der die erforderlichen Strecken eingezeichnet werden, Winkel bestimmt werden. Das Problem stellt der Abstand der Platte zu den eigentlich wichtigen Punkten des Modells dar. Je größer dieser ist, desto stärker wirken sich Änderungen des Blickwinkels aus, der im optimalen Falle 90° auf den betrachteten Punkt sein sollte.

Um diese beschriebenen Fehler bei der Datengewinnung zu vermeiden, werden aufgrund der Fortschritte in der digitalen Auswertung diese Verfahren vermehrt angewendet. Dadurch werden reproduzierbare Messungen erhofft, die nicht vom Blickwinkel und der Ebene des Messgerätes abhängig sind.

MISCHKE (2000) untersucht in seiner Dissertation über die Präzision von zweidimensionalen kieferorthopädischen Modellanalysen 2280 Zahnbreiten- und Stützzonenmessungen an 1200 Modellen. Er kommt zu dem Ergebnis, dass sich konventionelle Verfahren bei richtiger Anwendung nicht signifikant von digitalen Methoden der Modellanalyse unterscheiden.

In der vorliegenden Studie stellen jeweils zwei Modelle, die vor und nach der Behandlung angefertigt werden, die Arbeitsgrundlage der digitalen Vermessung dar. Da beide Modelle mittels des Scanners in digitale Form gebracht werden und anschließend bei sehr hoher Auflösung und damit hoher Detailgenauigkeit vermessen werden, sind zufällige Messfehler, die durch unterschiedliche Blickwinkel und Anwendung der konventionellen Messgeräte entstehen, nicht vorhanden. Die Messungen zeigen, dass es auch bei dem digitalen Verfahren zu Verzerrungen im digitalen Bild kommen kann. Diese sind vor allem dann vorhanden, wenn der Abstand der zu scannenden Modellbereiche vom Sensor des Scanners variiert. Dies ist zum Beispiel im Gaumenbereich der Oberkiefermodelle der Fall. Bei der Datenverarbeitung wird nicht erkannt, dass es sich um eine konkave Form handelt. Ergebnis ist ein 2-dimensionales Bild, welches keine Informationen über Höhe bzw. Tiefe von Strukturen enthält. Da bei dieser Studie immer zwei korrespondierende Modelle eines Patienten unter gleichen Bedingungen vermessen werden und die Differenz dieser Modelle für die Beurteilung von dentoalveolären Veränderungen entscheidend ist, handelt es sich um einen systemimmanenten, konstanten Messfehler, der nach Differenzbildung nicht von Bedeutung ist. Abschließend lässt sich feststellen, dass die digitale Analyse von Modellen hinsichtlich dentoalveolärer Veränderungen aufgrund hoher Genauigkeit der Messungen und Vermeidung von zufälligen und nicht

reproduzierbaren Fehlern durchaus geeignet erscheint. In der Anwendung erweist sich diese als effizient und schnell.

6.2 Diskussion der Ergebnisse

6.2.1 Diskussion der gemessenen Winkel in der Transversalen

Die Ergebnisse zeigen eine Rotation der oberen Molaren nach distal, die in der Bionator-Headgear-Gruppe deutlicher ausfällt als in der Bionatorgruppe. Aufgrund der digitalen Analyse der Modelle in dieser Untersuchung ist es möglich, Rotationen in Grad genau zu berechnen. In der Literatur, die sich fast ausschließlich auf Ergebnisse der konventionellen Modellvermessung stützt, womit Rotationen nur umständlich zu berechnen sind, zeigen sich nach genauer Recherche keine Angaben über Rotationen mit expliziten Gradangaben, hervorgerufen durch den Bionator-Headgeareinsatz. Da der Headgear an den bukkal der Sechsjahresmolaren angebrachten Molarenbändern angreift, ist eine Rotation nach distal physikalisch nachvollziehbar. Diese an den oberen Molaren angreifende Kraft entfällt bei der alleinigen Therapie mit einem Bionator. Aufgrund dieser Tatsache ist es verständlich, dass die Distalrotation der oberen Molaren in der Bionator-Headgear-Gruppe stärker ausfällt als in der Bionator-Vergleichsgruppe.

Die unteren Molaren zeigen eine Winkelverkleinerung und damit eine Mesialrotation, die in der Bionator-Vergleichsgruppe deutlicher zu beobachten ist. Dieser Effekt ist außerdem auf der rechten Seite stärker vorhanden als auf der linken Seite. Wegen dieser fehlenden Symmetrie im Unterkiefer kann dieser Effekt nicht als direkte Folge der Okklusionsbeziehungen zu den Oberkiefermolaren gesehen werden. Zur Erklärung nichtsymmetrischer Krafteinwirkungen des Headgears und deren Folgen stellen SCHUMACHER und SANDER (1978) Schlafstudien mit Dokumentation der dabei auftretenden Kraftvektoren an. Auch sie kommen zu dem Schluss, dass die Behandlung im Sinne der Krafteinwirkung des Headgears keinesfalls immer symmetrisch, sondern abhängig von den Gewohnheiten der Patienten auf einer Seite stärker erfolgen kann.

Die oberen Eckzähne zeigen eine Mesialrotation, während die unteren eine Distalrotation beobachten lassen. Die Rotationen sind sowohl im Oberkiefer als

auch im Unterkiefer in der Bionator-Headgear-Gruppe stärker ausgebildet als in der Bionatorgruppe.

Dieses entgegengesetzte Verhalten der Eckzähne kann durch die in der Literatur oftmals beschriebene Auswirkung des Bionators auf die Frontzähne erklärt werden. JANSON (1978) vergleicht in einer kephalometrischen Studie 134 Patienten einer Behandlungsgruppe mit 73 Patienten einer Vergleichsgruppe hinsichtlich der Einflüsse der Behandlung von Angle-Klasse II-Okklusionen mit dem Bionator. Sie findet in der Behandlungsgruppe eine Protrusion der Unterkieferfront und eine Retrusion der Oberkieferfront, was eine Verkleinerung der sagittalen Frontzahnstufe zur Folge hat. Durch dieses unterschiedliche Verhalten von Oberkieferfront zu Unterkieferfront aufgrund der Bionatortherapie sind auch die in dieser Studie nachgewiesenen entgegengesetzten Rotationen von Oberkiefereckzähnen zu Unterkiefereckzähnen auf den Bionatoreinsatz zurückzuführen. Interessant ist, dass diese Rotationen der Eckzähne in Ober- und Unterkiefer auch in der Bionator-Vergleichsgruppe zu sehen sind, jedoch weniger deutlich als in der Bionator-Headgear-Gruppe. Schlussfolgernd lässt sich aus den gewonnenen Ergebnissen sagen, dass der gleichzeitige Einsatz des Bionators mit einem Headgear eine stärkere Rotation der Eckzähne als die Bionatortherapie bewirkt.

6.2.2 Diskussion der gemessenen Strecken in der Transversalen

In beiden untersuchten Gruppen ist eine Abstandsvergrößerung der oberen ersten Molaren zur Raphe mediana nachweisbar. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen hinsichtlich dieser Erweiterung des Zahnbogens ist gering und nicht signifikant. Es kann in dieser Untersuchung durch den zusätzlichen Einsatz des Headgears zur reinen Bionatortherapie kein weiterer zahnbogenverbreitender Effekt nachgewiesen werden.

KIRJAVAINEN (2000) stellt in seiner Headgearstudie fest, dass es durch die Headgeartherapie zu einer Vergrößerung des Intermolarenabstandes im Sinne einer dentalen Adaption im Oberkiefer kommt. Zu dem gleichen Ergebnis kommen auch GARDNER und CHACONAS (1976). BJÖRK und SKIELLER (1977, 1983) können diese Erweiterung mit Hilfe von Implantaten bestätigen.

Somit stimmen unsere Ergebnisse nicht mit den in der Literatur angegebenen Auswirkungen der reinen Headgeartherapie überein.

Die ersten Molaren im Unterkiefer zeigen in der Bionator-Headgear-Gruppe im Vergleich zur Bionator-Gruppe eine Zunahme des Intermolarenabstandes. LITTLE und SINCLAIR (1983) können in ihrer Headgear-Untersuchung eine nicht signifikante Erweiterung des Intermolarenabstandes im Unterkiefer nachweisen. Es ist in dieser Untersuchung der Bionator-Headgear-Therapie eine nicht signifikante Tendenz zur Vergrößerung des Intermolarenabstandes im Unterkiefer nachzuweisen.

Die Ergebnisse der oberen Eckzähne zeigen, dass die Bionator-Headgear-Kombinationstherapie den Abstand beider oberer Eckzähne zur Raphe mediana und damit den Intercaniniabstand mehr vergrößert als die alleinige Behandlung mit einem Bionator. Zu diesem Ergebnis kommt auch KIRJAVAINEN (1997), der bei 40 Patienten mit zervikalem Headgear und einem durchschnittlichem Alter von 9,3 Jahren nach 1,8 Jahren Behandlung eine signifikante Vergrößerung des Intercaniniabstandes nachweisen kann.

Die unteren Eckzähne zeigen ein entgegengesetztes Verhalten. Während in der Bionator-Headgear-Gruppe fast keine Änderungen während der Behandlung zu beobachten sind, ist in der Bionator-Gruppe eine Tendenz zur Vergrößerung des Intercaniniabstandes zu sehen. In vielen Veröffentlichungen über die Vergrößerung des Intercaniniabstandes im Unterkiefer kommen die Autoren zu dem Schluss, dass falls eine Änderung des Intercaniniabstandes durch die Behandlung erfolgt, diese meist nicht konstant bleibt und die Gefahr eines Rezidivs als wahrscheinlich eingeschätzt werden muss (ELMS et. al. 1996, LITTLE und SINCLAIR 1983, MOORREES et. al. 1979). GLENN et. al. (1987) können sogar nach Abschluss der Headgear-Behandlung ein Rezidiv mit Unterschreitung des Ausgangswertes feststellen.

Wenn eine leichte Zunahme der Intercaninidistanz im Unterkiefer nach Behandlung festgestellt werden kann, ist diese nach PFEIFFER und GROBETY (1972) dem natürlichen Wachstum zuzuschreiben.

Nach den genannten Autoren ist die in dieser Untersuchung festgestellte Änderung der Intercaninidistanz im Unterkiefer höchstwahrscheinlich nur von kurzer Dauer und wird wieder auf den Ausgangswert zurückgehen.

6.2.3 Diskussion der gemessenen Strecken in der Sagittalen

In Studien über den distalisierenden Effekt des Headgears wird zur Angabe der Veränderung meist das Bogenmaß angegeben. Aufgrund der digitalen Modellanalyse in dieser Untersuchung werden zum Nachweis von dentoalveolären Veränderungen in der Sagittalen andere Messungen und Bezugspunkte gewählt. Als Folge sind die im Ergebnisteil dargestellten Messdaten nur bedingt mit Daten aus nicht digitalen Studien vergleichbar.

Bezüglich der ersten unteren Molaren kann kein Unterschied in beiden Gruppen nachgewiesen werden. Die ersten oberen Molaren zeigen geringere Mesialisierungstendenzen in der Bionator-Headgear-Gruppe als in der Bionator-Gruppe. Der Einsatz eines Headgears, der aufgrund seines nach distal gerichteten Kraftvektors in vielen Untersuchungen einen distalisierenden Effekt auf die oberen Molaren zeigt, ist in Kombination mit einer Bionatortherapie dazu nicht signifikant in der Lage. Es ist denkbar, dass der Bionator diesem distalisierenden Effekt des Headgears entgegenwirkt. Es ist jedoch eine Tendenz zur stärkeren Mesialwanderung der ersten oberen Molaren in der Bionator-Gruppe zu sehen. Dies wird auf das Fehlen der distalisierenden Wirkung des Headgears zurückgeführt, was eine schnellere Mesialwanderung der ersten oberen Molaren zur Folge hat. In dieser Studie wird dem Headgear keine distalisierende Wirkung, sondern ein Verhindern einer Mesialisierung der ersten oberen Molaren zugeschrieben.

Reine Headgear-Studien können einen distalisierenden Effekt auf die oberen Molaren nachweisen. So kommt JAKOBSSON (1967) in seiner Untersuchung über die Auswirkungen einer Behandlung mit dem zervikalen Headgear auf Klasse II/1-Malokklusion-Patienten zu dem Ergebnis, dass nach einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von 18 Monaten eine signifikante Distalisierung der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren nachzuweisen ist. Auch ÜLGEN (1981) kann diesen Effekt in seiner Untersuchung bestätigen. Neben einer Distalisation der oberen Sechsjahresmolaren um 2,8 mm nach einer durchschnittlichen Behandlungsdauer von fast 2 Jahren kann er eine Extrusion der oberen Molaren feststellen.

Bei der Analyse von Zahnwanderungen ist zu bedenken, dass die Distalisation der oberen Sechsjahresmolaren durch die Headgearbehandlung nicht nur dem dentoalveolären Bereich zugeschrieben werden darf. WIESLÄNDER (1963, 1975)

kann in mehreren Studien über diese distalisierende Wirkung einen nicht irrelevanten Anteil davon dem basalen Bereich zuschreiben. Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit den dentoalveolären Veränderungen beider Gruppen. Inwieweit der Bionator aufgrund seiner Wirkung auf den basalen Bereich der distalisierenden Headgearbehandlung entgegenwirkt und somit den Unterschied beider Gruppen in der Summe von dentoalveolärer und basaler Veränderung als nicht sehr deutlich erscheinen lässt, wird in dieser Studie nicht gezeigt.

Hinsichtlich der unteren ersten Molaren ist ebenfalls kein aussagekräftiger Unterschied der beiden Gruppen zu finden. Dieses Ergebnis spiegelt die Situation der oberen Sechsjahresmolaren wider. Interessant dabei ist, dass der Headgear nur indirekt über die Okklusion auf die Zähne des Unterkiefers einwirkt und sich die Ergebnisse von Maxilla und Mandibula trotzdem tendenziell gleichen.

Die Ergebnisse der Messungen hinsichtlich des Verhaltens der oberen und unteren Eckzähne zeigen, dass kein signifikanter Unterschied beider Gruppen nachweisbar ist. Darüber hinaus zeigt sich, dass die Veränderungen der Eckzähne auch innerhalb der einzelnen Gruppen während der Behandlung gering sind. Nach dieser Untersuchung sind keine signifikanten Auswirkungen auf die Eckzähne in sagittaler Richtung in der Bionator-Headgear-Gruppe sowie in der Bionator-Vergleichsgruppe zu finden.

6.2.4 Diskussion der sagittalen Okklusionsveränderungen und der Änderung der sagittalen Frontzahnstufe

Die gleichzeitige Verwendung eines Headgears und eines Bionators bei der Behandlung der Angle-Klasse II-Malokklusion zeigt in dieser Untersuchung Vorteile. Während der Bionator das skelettale Unterkieferwachstum fördern soll, hat der Headgear die Aufgabe, einen sagittalen Halt für die Maxilla zu schaffen (HASUND 1969). Ausgehend von diesem Behandlungskonzept erscheint die alleinige Behandlung mit einem Bionator der Kombinationsbehandlung hinsichtlich der Effektivität bei der Einstellung einer Regelverzahnung unterlegen. Die statistische Analyse der Ergebnisse bestätigt, dass es bei der Einstellung der Angle-Klasse I-Okklusion durch die Behandlung signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen gibt. Die Bionator-Headgear-Gruppe ist schneller in der Lage, die beiden

Zahnreihen in eine regelrechte Okklusion zu überführen. Sowohl die Messungen am ersten Molaren als auch am Eckzahn zeigen einen signifikanten Unterschied. Bei der Bionator-Headgear-Gruppe kommt es im gleichen Zeitraum wie in der Bionator-Gruppe zu einer signifikant größeren Annäherung der Zahnreihen an eine Angle-Klasse I. Zu diesem Ergebnis kommen auch PFEIFFER und GROBETY (1972). Sie vergleichen die Kombinationstherapie Aktivator-Headgear mit der Einzeltherapie Aktivator und Einzeltherapie Headgear. Abschließend stellen sie fest, dass die Kombinationsbehandlung Aktivator-Headgear eine höhere Effizienz als die entsprechende Wirkung von Aktivator oder Headgear bei der Behandlung von Angle-Klasse II-Malokklusionen aufweist.

Die Änderung der sagittalen Frontzahnstufe ist zwischen beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich. Sie verkleinert sich in der Bionator-Headgear-Gruppe durchschnittlich um 1,75 mm und in der Bionator-Gruppe durchschnittlich um 1,33 mm. Die Auswirkung der Bionatorbehandlung auf die Frontzähne wird von JANSON (1978) beschrieben. Sie findet in ihrer Bionator-Studie als dentoalveoläre Veränderung eine Retrusion der Oberkieferfront und eine Protrusion der Unterkieferfront, was eine Verkleinerung der sagittalen Frontzahnstufe zur Folge hat. In unserer Studie wird in beiden Gruppen ein Bionator angewendet. Die Verkleinerung der sagittalen Frontzahnstufe in beiden Gruppen ist somit jeweils dem Bionator zuzuschreiben. Aufgrund dieser Tatsache ist zu erklären, dass es keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen gibt.

7. Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie werden die Unterschiede in der Behandlung der Angle-Klasse II-Malokklusion mit dem Kombinationsgerät Bionator-Headgear im Vergleich zur reinen Bionatorbehandlung dargestellt.

Im Gegensatz zu vielen anderen bisher zu diesem Thema veröffentlichten Studien wird zur Modellanalyse ein digitales Verfahren verwendet, womit vor allem Rotationen sehr genau erfasst werden können. Bei der Verwendung dieser neuartigen Vermessungsmethode ist es nötig, neue Bezugslinien und –ebenen einzuführen. Dies macht den Vergleich der gewonnenen Daten zu älteren, mit konventionellen Methoden gemessenen Ergebnissen schwierig und lässt oftmals keine direkte Gegenüberstellung zu. In der Anwendung zeigt sich, dass das digitale System der Modellvermessung durchaus eine Alternative darstellt. Neben einer hohen Genauigkeit lassen sich Messfehler wegen eines falschen Blickwinkels oder ungenauen Anvisierens von Messpunkten vermeiden.

In Bezug auf unsere Fragestellung lassen sich die Ergebnisse der Modellvermessung wie folgt zusammenfassen:

1. Ein Unterschied hinsichtlich der Stellungsänderung der ersten oberen und unteren Molaren in transversaler Richtung kann zwischen den beiden Gruppen nicht nachgewiesen werden. Die oberen Molaren zeigen in der Bionator-Headgear-Gruppe geringere Mesialisierungstendenzen als in der Bionator-Gruppe.
2. Die Bionator-Headgear-Behandlung weist gegenüber der Vergleichsgruppe eine stärkere Distalrotation der ersten oberen Molaren und eine schwächere Mesialrotation der ersten unteren Molaren auf.
3. Ein Unterschied zwischen beiden Gruppen in Bezug auf eine Stellungsänderung der oberen und unteren Eckzähne in sagittaler und transversaler Richtung kann nicht festgestellt werden.
4. In beiden untersuchten Gruppen kann eine Mesialrotation der oberen Eckzähne und eine Distalrotation der unteren Eckzähne nachgewiesen werden. Die Rotationen sind in der Bionator-Headgear-Gruppe stärker ausgeprägt als in der Bionator-Vergleichsgruppe.
5. Die Bionator-Headgear-Therapie erweist sich bei der Einstellung einer Angle-Klasse I effizienter als die Bionator-Therapie.

8. Zusammenfassung

Die Aufgabe der vorliegenden Studie ist, die Unterschiede hinsichtlich Winkel- und Streckenänderungen zwischen der Kombinationstherapie Bionator-Headgear und der alleinigen Bionatortherapie bei der Behandlung der Angle-Klasse II-Malokklusion darzustellen. Dabei kommt eine digitale Modellanalyse zur Anwendung.

Die Probanden bestehen aus insgesamt 60 Patienten, wovon jeweils 30 einer Therapieart zuzuordnen sind. Die Patienten sind zu Beginn der Behandlung durchschnittlich 10,5 Jahre alt und die Behandlungsdauer beträgt durchschnittlich 2,1 Jahre. Bei den verwendeten Geräten handelt es sich um einen zervikalen Headgear mit Ansatz an den oberen Sechsjahresmolaren und um einen Bionator nach BALTERS (1964) in der Modifikation nach ASCHER (1984). Die Arbeitsgrundlage der digitalen Modellvermessung stellen die zu Beginn und am Ende der Behandlung angefertigten Gipsmodelle dar. Nach dem Einscannen dieser Modelle können die während der Behandlung vollzogenen dentoalveolären Veränderungen mit Hilfe von definierten Winkeln und Strecken dargestellt werden. Entscheidend für den Vergleich der beiden untersuchten Gruppen ist die Gegenüberstellung der vollzogenen Veränderungen während der Behandlung. Nach Durchführung der Messungen und statistischer Analyse der erhaltenen Daten zeigen sich folgende Ergebnisse:

Die digitale Modellanalyse erweist sich hinsichtlich Messgenauigkeit und Vermeidung von zufälligen und nicht systemimmanenten Fehlern als Alternative zu konventionellen Methoden. Der durch den Anwender entstehende zufällige und nicht reproduzierbare Messfehler kann minimiert werden.

Die digitalen Vermessungen zeigen, dass die Bionator-Headgear-Behandlung gegenüber der Vergleichsgruppe eine stärkere Distalrotation der ersten oberen Molaren und eine schwächere Mesialrotation der ersten unteren Molaren aufweist. Die Distalrotation der ersten oberen Molaren wird auf den bukkalen Angriffspunkt des Headgears an diesen Zähnen zurückgeführt.

Eine in der Literatur oftmals beschriebene Distalisation der ersten oberen Molaren durch die Headgearbehandlung (JAKOBSSON 1967, ÜLGEN 1981) kann in der Bionator-Headgear-Gruppe nicht nachgewiesen werden. In dieser Studie wird dem Headgear keine distalisierende Wirkung, sondern ein Verhindern einer

Mesialisierung der ersten oberen Molaren zugeschrieben. Diese Mesialisierung ist in der Bionatorgruppe deutlicher ausgeprägt.

Ein unterschiedliches Verhalten zwischen beiden untersuchten Gruppen im Sinne von transversalen und sagittalen Translationen der oberen und unteren Eckzähne kann nicht gezeigt werden. Die Tendenz der unteren Eckzähne zur transversalen Erweiterung in der Bionator-Gruppe wird in der Literatur als nicht dauerhaft beurteilt und nach Behandlungsende wieder den Ausgangswert erreichen (ELMS et. al. 1996, LITTLE und SINCLAIR 1983, MOORREES et. al. 1979).

In beiden untersuchten Gruppen kann eine Mesialrotation der oberen Eckzähne und eine Distalrotation der unteren Eckzähne mit jeweils stärkerer Ausprägung in der Bionator-Headgear-Gruppe gefunden werden. Die Rotationen, die im Ober- und Unterkiefer in unterschiedliche Richtungen erfolgen, werden dem Einfluss des Bionators zugeschrieben. Für das unterschiedliche Rotationsverhalten der Eckzähne in Ober- und Unterkiefer wird ein Zusammenhang mit der in der Literatur beschriebenen Auswirkung des Bionators auf die Frontzähne gesehen (JANSON 1978).

Die gemessenen Änderungen der Okklusionsverhältnisse am Eckzahn und ersten Molaren zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Die Kombinationsbehandlung Bionator-Headgear zeigt eine höhere Effizienz bei der Einstellung einer Angle-Klasse I als die alleinige Bionatortherapie. Dieses Ergebnis stimmt mit der Studie von PFEIFFER und GROBETY (1972) überein, die die Kombinationsbehandlung Aktivator-Headgear bei der Beseitigung einer Angle-Klasse II im Vergleich zu den entsprechenden Einzeltherapien als wirkungsvoller bewerten.

9. Literaturverzeichnis

1. ANDRESEN, V., K. HÄUPL, L. PETRIK.:
Funktionskieferorthopädie.
5. Aufl., Johann Ambrosius Barth Verlag,
München 1953, 6. Aufl. 1957
2. ANDREWS, L.F.:
The six keys to normal occlusion. Am J Orthod 62 (1972) 296-309
3. ANGLE, E.H.:
Geradrichtung und Festhaltung unregelmäßig gestellter Zähne.
S.S. White Dental Manufacturing.
Berlin 1897
4. ARMSTRONG, M.:
Controlling the magnitude, direction and duration of extraoral force.
Am. J. Orthod. 59, 217-243 (1971)
5. ASCHER, F.:
Praktische Kieferorthopädie.
Verlag Urban & Schwarzenberg, München/ Berlin/ Wien 1968
6. ASCHER, F.:
Der Bionator in der Funktionskieferorthopädie.
Inf. Orthod. Kieferorthop. 3, 215-246 (1984)
7. BALTERS, W.:
Die Technik und Übung der allgemeinen und speziellen Bionatortherapie.
Die Quintessenz 1, 77 (1964)
8. BALTERS, W.:
Eine Einführung in die Bionatorheilmethoden. Ausgew. Schriften und Vorträge,
hrsg. V. Ch. Hermann. Druckerei Hölzel, Heidelberg 1973
9. BIMLER, H.P.:
Indikation der Gebißformer. Fortschr. Kieferorthop. 25, 121 (1964)
10. BJÖRK, A.:
The principle of the Andresen method of orthodontic treatment, a discussion based on
cephalometric x-ray analysis of treated cases.
Amer.J.Orthodont. 37, 437 (1951)
11. BJÖRK, A. und SKIELLER, V.:
Growth of the maxilla in three dimensions as revealed radiographically by the implant
method.
Br. J. Orthod. 4, 53-64 (1977)
12. BJÖRK, A. und SKIELLER, V.:
Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric
implant studies over a period of 25 years.
Europ. J. Orthod. 5, 1-46 (1983)
13. CASE, C.S.:
A practical treatise on the dental technics and principles of dental orthopedics and
prosthetic correction of cleft plate.
Second Edition, Chicago, C.S. Case and Co. 1922

9. Literaturverzeichnis

14. DEMISCH, A.:
Auswirkungen der Distalbisstherapie mit dem Aktivator auf das Gesichtsskelett.
Schweiz. Mdschr. Zahnheilk. 83, 1032 (1973)
15. ELMS, T.N., BUSCHANG, P.H., ALEXANDER, R.G.:
Long-term stability of class II, division I, nonextraction cervical face-bow therapy: Model
analysis. Am. J. Orthod. 109, 271-276 (1996)
16. ESCHLER, J.:
Die funktionelle Orthopädie des Kausystems. Hanser, München 1952
17. FRÄNKEL, R., REISS, W.:
Zur Problematik der Unterkieferentwicklung bei Distalbißfällen.
Fortschr. Kieferorthop. 31, 345 (1970)
18. GANDINI, M.S.:
Effects of cervical headgear and edgewise appliances on growing patients.
Am. J. Orthod. 5, 531-539 (2001)
19. GARDNER, S. und CHACONAS, S.:
Posttreatment and postretention changes following orthodontic therapy.
Angle Orthod. 46, 151-161 (1976)
20. GERLACH, H.G.:
Beziehungen innerhalb der Gebiss-Segmente.
Fortschr. Kieferorthop. 27, 438-446 (1966)
21. GLENN, G., SINCLAIR, PM, ALEXANDER, RG:
Non-extraction orthodontic therapy: posttreatment dental and skeletal stability.
Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop. 92, 321-328 (1987)
22. GUNNEL, J.S.:
aus Meyer, P.: Headgear orthodontics.
First Edition, Ridgewood 1968
23. HARVOLD, E.P., VAGERVIK K.:
Morphogenetic response to activator treatment.
Amer.J.Orthodont. 60, 378 (1971)
24. HASUND, A.:
The use of activators in a system employing fixed appliances.
Trans.Europ.Orthodont.Soc., 329 (1969)
25. HÄUPL, K.:
in: ANDRESEN/HÄUPL/PETRIK: Funktionskieferorthopädie,
5. Aufl. 1953, 6. Aufl. 1957
26. HOTZ, R.:
Die Kiefererweiterung
In: Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde i. Vortr., 7,
München (1952)
27. HOTZ, R.:
Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1976
28. JAKOBSSON, S.O.:
Cephalometric evaluation of treatment effect on Cl. II, division I malocclusion.
Am. J. Orthod. 53, 446-457 (1967)

9. Literaturverzeichnis

29. JANSON, I.:
Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit.
(Habilitationsschrift, München 1977)
Quintessenz Verlag, Berlin 1978
Publ. In: Fortschr. Kieferorthop. 39, 62-76 (1978)
30. JANSON, I., Überla K.:
Faktorenanalytische Auswertung einer Untersuchung über die Wirkungsweise des Bionators
Fortschr. Kieferorthop. 40 (1979), 494-503 (Nr.6)
31. JANSON, I.:
Morphologische Kriterien zur Behandlung mit der Bionatormodifikation
Fortschr. Kieferorthop. 48 (1987), 71-86 (Nr.2)
32. JANSON, I.:
Bionator-Modifikationen in der kieferorthopädischen Praxis
München [u.a.]: Hanser, 1987. III. Auflage
33. JANSON, I., NOACHTAR, R.:
Functional Appliance Therapy With the Bionator
Seminars in Orthodontics, Vol 4, No 1 (March), 1998: pp 33-45
34. JONAS, I.:
Histomorphologische Untersuchungen über das destruktive und restitutive Verhalten des Ligamentum parodontale unter kieferorthopädischer Zahnbewegung.
Fortschr. Kieferorthop. 39, 398-409 (1978)
35. JONAS, I.:
Knöchernen und Weichteil-Profilveränderungen nach Headgear und Aktivatortherapie.
Fortschr. Kieferorthop. 45, 335-347 (1984)
36. KARWETZKY, R.:
Die Indikation des Ü-Bügelaktivators, zeitlich und auf Anomalien bezogen.
Fortschr. Kieferorthop. 45, 45 (1984)
37. KIM, K.-R. und MUHL, Z.F.:
Changes in mandibular growth direction during and after cervical headgear treatment.
Am. J. Orthod. 5, 522-530 (2001)
38. KINGSLEY, N.W.:
Oral deformities.
New York, D. Appleton Co., 1880
39. KIRJAVAINEN, M.:
Changes in dental arch dimensions by use of an orthopedic cervical headgear in class II correction.
Am. J. Orthod. 1, 59-66 (1997)
40. KIRJAVAINEN, M.:
Orthopedic cervical headgear with an expanded inner bow in class II correction.
Angle Orthod. 4, 317-325 (2000)
41. KJELLGREN, E.:
bei Hotz 1952 (Extraktionstechnik)
42. KLAMMT, G.:
Der elastisch offene Aktivator. Hanser, München-Wien 1984

9. Literaturverzeichnis

43. KLEIN, P.L.:
An evaluation of cervical traction on the maxilla and the upper first permanent molar.
Angle Orthod. 27, 61-68 (1957)
44. KLOEHN, F.C.:
Guiding alveolar growth and eruption of teeth to reduce treatment time and produce a more balanced denture and face.
Angle Orthod. 17, 10-33 (1947)
45. LIEB, G.:
Zur Frage der mandibulären Auswirkung kieferorthopädischer Behandlungsmaßnahmen.
Fortschr. Kieferorthop. 29, 334 (1968)
46. LITTLE, R.M. und SINCLAIR, P.M.:
Maturation of untreated normal occlusion.
Am. J. Orthod. 2, 114-123 (1983)
47. MELSON, CH.:
Effects of cervical anchorage during and after treatment: An implantat study.
Am. J. Orthod. 73, 526-538 (1978)
48. MERRIFIELD, L.L. und CROSS, J.J.:
Directional forces.
Am. J. Orthod. 57, 435-464 (1970)
49. MISCHKE, K.
Präzision der computergestützten zweidimensionalen kieferorthopädischen Modellanalyse im Vergleich zur konventionellen Methode.
Dissertation Münster: Westfälische Wilhelms-Universität; 2000
50. MOORREES, C., LEBRET, L., KENT, R.:
Changes in the natural dentition after second molar emergence (13-18 years).
I-A-D.R. Abstracts, p. 276, 1979.
51. MUELLER, H.H.: aus Meyer, P.:
Headgear Orthodontics.
First Edition, Ridgewood 1968
52. OPPENHEIM, A.:
Biology Orthodontic Therapy and Reality.
Angle Orthod. 6, 153-183 (1936)
53. PAVLICK, C.H. Jr.:
Cervical Headgear and the bioprogressive orthodontic philosophy.
Semin. Orthod, 4, 219-230 (1998)
54. PETRIK, L.:
in: ANDRESEN/HÄUPL/PETRIK: Funktionskieferorthopädie,
5. Aufl. 1953, 6. Aufl. 1957
55. PFEIFFER, J.P. und GROBETY, D.:
Gleichzeitige Verwendung der Nackenapparatur und des Aktivators: Eine orthopädische Annäherung an die Therapie mit festsitzenden Apparaturen.
Inf. Orthod. Kieferorthop. 3, 177-202 (1972)
56. RAKOSI, T. und GÖZ, G.:
Die apikale Wurzelresorption unter kieferorthopädischer Behandlung.
Fortschr. Kieferorthop. 50, 196-206 (1989)
57. RICKETTS, R.M.:
The influence of orthodontic treatment on facial growth and development.
Angle Orthod. 30, 103-131 (1960)

9. Literaturverzeichnis

58. ROBIN, P.:
Observations sur un nouvel appareil de redressement. Rev. Stomat. 1902, in:
ANDRESEN/HÄUPL/PETRIK: Funktionskieferorthopädie, 6. Auflage,
München 1957
59. ROUX, W.:
Das Gesetz der Transformation der Knochen.
Kritische Bemerkungen.
Klin.Wschr. Berlin 30, 509 (1893)
60. SANDER, F.G.:
Klinisch experimentelle Headgearuntersuchung.
Der freie Zahnarzt 22, 92-100 (1978)
61. SANDER, F.G. und WICHELHAUS, A.:
Skelettale und dentale Veränderungen bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte.
Ein kephalometrischer Vergleich zu einer unbehandelten Klasse-II-Gruppe.
Fortschr. Kieferorthop. 56, 216-223 (1995)
62. SCHOPF, P.
Curriculum Kieferorthopädie. 3. Auflage, Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 2000
63. SCHMUTH, G.P.F.:
Milestones in the development and practical application of functional appliances.
Am J Orthodont 84, 48 (1983)
64. SCHUMACHER, H.A. und SANDER G.:
Über die Krafteinwirkung auf die Sechsjahrmolaren bei der Headgearbehandlung.
Fortschr. Kieferorthop. 39, 46-55 (1978)
65. STOCKFISCH, H.:
Der Kinetor in der Kieferorthopädie. Hüthig, Heidelberg 1966
66. ÜLGEN, M.:
Kephalometrische Untersuchung der Auswirkungen der Distalbißbehandlung mit dem
Aktivator und dem Zervikal-Headgear auf das Gesichtsskelett und deren Vergleich.
Fortschr. Kieferorthop. 42, 337-348 (1981)
67. WIESLANDER, L.:
The effect of orthodontic treatment on the concurrent development of the craniofacial
complex.
Am. J. Orthod. 49, 15-27 (1963)
68. WIESLANDER, L.:
Early or late cervical traction therapy of class II malocclusion in the mixed dentition.
Am. J. Orthod. 67, 432-444 (1975)
69. WOODSIDE, D.G. et al.:
Some effects of activator treatment on the growth rate of the mandible and position of
the midface.
Third. Int. Orthodont. Congr. Trans. Crosby Lookwood Staples, London 1973, S.459
70. WORMS, F.W.:
A concept and classification of centres of rotation and extraoral force system.
Angle Orthod. 43, 384-401 (1973)

10. Anhang

10.1 Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Patienten während der Behandlung hinsichtlich Rotationen

Patient	16 zu R.m. in Grad	26 zu R.m. in Grad	13 zu R.m. in Grad	23 zu R.m. in Grad	36 zu K.M. in Grad	46 zu K.M. in Grad	33 zu K.M. in Grad	43 zu K.M. in Grad
1	3,9	2,7	-2,2	-7,0	-0,8	-13,4	1,2	-2,2
2	-4,4	-1,1	1,7	-2,0	4,9	1,9	-2,6	-0,5
3	1,7	0,7	-2,1	1,9	4,1	-4,5	-5,3	-0,1
4	-3,9	6,0	-4,8	13,5	-9,1	-6,1	-0,7	0,3
5	-7,7	-2,7	-4,6	-2,1	-2,0	0,2	4,9	7,0
6	-0,8	8,2	-1,4	2,0	-3,3	-5,5	-2,7	-0,2
7	-0,4	0,6	4,4	1,1	1,2	-0,3	0,2	-5,0
8	2,2	15,2	-10,3	1,0	7,1	0,1	19,6	13,8
9	-8,4	-7,3	1,8	-1,9	-4,5	0,6	0,8	-6,6
10	3,2	8,6	-17,0	-18,8	1,7	-3,5	18,3	12,5
11	9,0	-3,9	-6,5	-9,7	-21,5	-9,0	0,9	-3,7
12	4,0	0,2	2,8	3,4	0,3	-0,1	-9,7	-2,4
13	-1,8	1,2	3,5	2,9	-4,5	1,9	0,0	2,7
14	-5,5	-2,4	-9,6	6,4	-4,1	-8,2	0,2	-0,7
15	-4,4	-7,7	18,4	7,8	10,4	10,3	-2,4	-4,5
16	2,1	3,2	-6,8	3,6	1,9	1,5	2,1	-9,0
17	12,2	-4,7	31,3	29,1	7,5	1,3	18,7	16,9
18	-12,7	4,1	-4,5	-2,9	-10,2	2,2	-2,8	-2,7
19	4,8	8,6	10,4	-7,7	4,3	-2,1	7,1	10,9
20	-3,5	-1,1	-2,0	-0,9	-3,6	-10,2	23,1	19,8
21	6,7	0,8	3,9	3,4	0,9	8,3	-0,4	-2,9

-Fortsetzung-

	16 zu R.m. in Grad	26 zu R.m. in Grad	13 zu R.m. in Grad	23 zu R.m. in Grad	36 zu K.M. in Grad	46 zu K.M. in Grad	33 zu K.M. in Grad	43 zu K.M. in Grad
22	-0,8	3,5	5,8	11,2	9,4	0,4	-0,3	2,7
23	11,1	2,9	1,8	0,3	2,2	-7,7	13,6	9,2
24	8,2	-6,0	5,9	-6,9	0,8	-5,9	2,9	1,3
25	-5,6	1,4	-4,3	-0,1	2,2	2,8	-8,7	-5,3
26	4,6	-11,2	3,6	-5,3	-16,5	-4,8	-3,8	-8,3
27	9,0	-4,7	-13,5	-21,9	-1,8	-3,2	9,7	6,6
28	-8,7	-3,0	-7,7	-0,3	-3,0	-5,1	22,6	12,8
29	-11,6	2,1	-4,6	-0,2	-11,4	-5,5	-4,3	-0,6
30	-6,6	3,7	-3,9	-8,7	9,5	-5,2	-4,4	-3,5

10.2 Transversale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Patienten während der Behandlung

Patient	16 zu R.m. in mm	26 zu R.m. in mm	13 zu R.m. in mm	23 zu R.m. in mm	36 zu K.M. in mm	46 zu K.M. in mm	33 zu K.M. in mm	43 zu K.M. in mm
1	1,0	3,7	2,0	1,8	0,8	0,6	1,0	1,0
2	0,2	0,8	1,0	1,1	0,7	0,9	-0,1	-0,5
3	2,4	0,6	-0,3	-1,1	0,6	0,9	1,4	0,3
4	0,9	-0,6	2,5	-1,2	0,0	0,4	0,6	0,0
5	2,1	-1,4	0,0	-0,4	0,2	0,6	0,9	-0,3
6	0,5	-0,6	-0,5	-0,1	-0,4	0,1	-0,2	1,7
7	-0,1	-0,1	0,6	-2,3	-0,4	-0,5	7,1	-0,9
8	0,0	-0,7	0,1	-0,3	-0,6	-0,5	2,5	-2,2

10. Anhang

-Fortsetzung-

	16 zu R.m. in mm	26 zu R.m. in mm	13 zu R.m. in mm	23 zu R.m. in mm	36 zu K.M. in mm	46 zu K.M. in mm	33 zu K.M. in mm	43 zu K.M. in mm
9	-0,4	0,4	0,9	0,9	0,5	1,8	0,0	0,3
10	0,6	1,3	2,0	2,2	0,9	-0,2	1,0	0,8
11	-1,3	1,5	1,2	0,4	-0,3	-0,3	-0,4	0,0
12	1,4	-2,9	1,8	-2,3	-0,3	-1,4	0,1	-0,5
13	-1,0	-1,1	-0,3	-3,8	-0,5	-2,0	-1,2	0,8
14	0,4	-1,1	-0,1	-1,0	0,6	-0,7	-0,5	-0,6
15	-0,7	2,2	-0,8	0,9	0,5	-0,9	1,6	2,0
16	-0,3	1,7	1,1	0,4	0,2	-0,8	-0,2	-0,4
17	-3,3	-0,4	-0,3	0,8	-2,6	-2,7	2,0	2,8
18	2,1	-2,3	0,2	-0,3	-0,4	-0,5	-0,6	-0,4
19	1,1	-2,9	1,3	0,7	-0,6	-1,1	0,9	-0,7
20	1,5	1,9	0,1	0,1	0,9	0,9	0,8	0,3
21	-0,3	-0,8	-0,5	-1,4	-0,5	-1,3	-0,9	-0,2
22	2,0	-1,4	0,0	0,8	-2,8	-0,8	0,0	1,9
23	-2,9	-0,8	-0,1	0,4	1,3	0,9	-0,3	0,5
24	-0,3	0,4	-0,3	-0,5	-0,4	0,2	0,4	0,0
25	3,4	1,6	-0,9	0,2	0,1	-0,2	1,1	2,9
26	4,8	3,0	-1,0	-0,3	-0,2	1,2	-2,4	3,0
27	-0,6	0,8	-1,5	-0,6	-0,3	-0,6	-0,7	1,0
28	0,3	-1,4	0,7	-0,4	-1,6	-0,4	0,8	1,9
29	2,5	1,3	0,0	-1,5	-0,6	0,1	-0,8	0,3
30	3,1	1,2	0,8	1,9	0,6	-0,7	0,6	-0,3

10.3 Sagittale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Patienten während der Behandlung

Patient	16 zu ant. P. in mm	26 zu ant. P. in mm	13 zu ant. P. in mm	23 zu ant. P. in mm	36 zu ant. P. in mm	46 zu ant. P. in mm	33 zu ant. P. in mm	43 zu ant. P. in mm
1	-2,3	-0,7	-0,5	0,2	-2,2	-1,6	-0,5	0,0
2	-0,4	1,0	-2,3	0,2	0,9	-1,5	0,3	0,7
3	0,7	0,7	1,1	1,2	-0,3	-1,3	-0,5	0,4
4	-1,1	1,5	0,4	1,3	-2,6	-1,3	-0,3	0,3
5	-1,0	-4,7	2,6	2,0	-1,9	-0,9	-0,2	-0,2
6	4,4	-0,2	2,1	-1,5	-1,5	-0,3	0,6	-0,4
7	-0,4	-0,5	0,6	-1,2	1,0	-0,7	0,0	-0,3
8	-3,0	0,2	-1,9	0,9	-1,0	-0,7	0,6	-1,2
9	-2,3	-2,9	-3,0	-1,9	-0,3	-1,7	1,8	1,4
10	-3,1	-1,8	-2,8	-1,9	-0,9	-2,1	-2,0	-1,4
11	-1,9	0,9	0,2	0,0	0,5	0,9	2,1	0,4
12	-2,2	0,7	-1,5	1,0	2,0	2,2	1,6	1,0
13	-0,2	-2,5	-0,6	-2,8	0,6	-2,3	2,0	2,2
14	-1,1	1,1	0,1	1,3	-1,0	0,1	-0,1	0,8
15	-3,9	-5,2	2,8	1,5	-3,3	-3,7	0,4	2,0
16	-1,7	-1,6	-0,2	0,1	-2,3	-1,3	-0,6	0,1
17	1,9	1,0	6,2	6,3	0,1	-0,6	0,5	1,2
18	-1,2	0,3	-0,3	2,6	-1,1	-1,1	1,1	0,9
19	-2,8	-3,1	-3,1	-2,0	1,6	-0,2	0,9	-0,8
20	0,2	-0,7	0,1	0,4	0,6	0,7	0,2	-2,3
21	-3,1	-3,7	-1,2	-0,7	-1,1	-1,1	-1,4	0,3
22	-0,9	0,2	1,3	0,3	-1,6	-1,1	-0,7	-0,2
23	-0,4	0,2	2,8	0,9	0,0	-0,2	-0,1	-0,1
24	0,4	-0,8	0,9	-0,7	1,9	2,5	0,9	0,5
25	1,2	-1,2	0,7	-3,3	-0,7	-0,1	0,4	0,7
26	-0,4	1,1	-0,1	0,5	0,3	0,2	-0,6	-0,2

-Fortsetzung-

	16 zu ant. P. in mm	26 zu ant. P. in mm	13 zu ant. P. in mm	23 zu ant. P. in mm	36 zu ant. P. in mm	46 zu ant. P. in mm	33 zu ant. P. in mm	43 zu ant. P. in mm
27	4,0	1,8	1,9	-1,1	-0,6	-1,6	1,4	0,5
28	-1,4	-1,8	0,1	0,1	-1,0	-2,2	-0,4	-2,0
29	-1,3	-1,8	0,0	1,0	0,4	-0,6	0,7	0,5
30	-4,5	-5,6	-1,4	-2,6	-2,3	-3,7	-0,4	-0,2

10.4 Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten während der Behandlung hinsichtlich Rotationen

Patient	16 zu R.m. in Grad	26 zu R.m. in Grad	13 zu R.m. in Grad	23 zu R.m. in Grad	36 zu K.M. in Grad	46 zu K.M. in Grad	33 zu K.M. in Grad	43 zu K.M. in Grad
1	-6,9	-6,3	1,9	-2,8	-13,6	-10,1	-3,8	5,9
2	17,4	30,7	-3,5	-5,5	-0,8	4,1	7,2	9,8
3	3,0	4,2	-1,8	-3,7	-7,8	3,3	-2,0	-5,6
4	0,2	4,4	-2,0	1,0	-6,1	-4,3	-2,1	-7,8
5	-3,7	6,9	6,9	-1,8	-2,9	-6,6	-4,8	3,5
6	-2,7	2,1	30,9	26,2	-2,9	13,9	6,7	8,5
7	4,7	-3,2	-16,9	-0,9	2,2	7,2	-4,7	-7,5
8	10,3	-7,9	5,8	-0,3	-2,5	-3,1	0,0	-16,3
9	-2,2	3,1	4,8	1,1	8,2	9,4	9,7	10,8
10	-1,5	18,2	-2,2	2,3	-2,2	-3,4	2,3	-7,1
11	0,0	9,1	3,2	-7,5	-3,0	-4,6	36,0	18,2
12	-0,1	-7,6	8,9	4,1	3,6	-0,7	12,5	-0,1
13	-0,1	-2,1	18,1	1,8	5,4	-10,6	32,3	-7,7
14	12,8	7,9	-15,4	-20,5	-2,0	-3,1	0,3	-5,0

-Fortsetzung-

	16 zu R.m. in Grad	26 zu R.m. in Grad	13 zu R.m. in Grad	23 zu R.m. in Grad	36 zu K.M. in Grad	46 zu K.M. in Grad	33 zu K.M. in Grad	43 zu K.M. in Grad
15	-2,2	-7,1	-3,7	0,1	1,3	-6,8	1,7	-0,2
16	12,3	5,5	9,6	14,2	2,3	4,1	38,6	27,1
17	8,4	-7,9	-15,1	-21,7	1,3	1,5	-5,4	-3,1
18	-10,8	17,4	-1,4	-7,9	0,1	-0,8	-8,1	12,7
19	7,9	0,2	0,5	0,1	0,8	-8,9	-1,1	14,2
20	-2,7	6,0	-3,3	0,8	6,4	0,9	8,2	-4,3
21	-4,0	-3,0	-3,6	-0,2	-8,2	-0,8	-2,8	2,0
22	5,5	-4,4	1,2	-2,5	1,9	2,5	3,4	-4,0
23	1,3	1,4	-21,1	-9,3	-7,0	-6,1	5,3	21,5
24	8,3	-14,9	1,2	-3,5	-5,5	-6,1	-2,5	-2,3
25	-4,7	2,7	2,2	-5,5	-4,0	-5,3	3,6	-3,9
26	-3,3	12,1	-14,0	-0,8	9,4	10,8	-6,8	-11,8
27	-19,1	-1,9	-7,5	0,4	-1,8	2,2	-5,0	4,9
28	2,2	7,1	-18,4	-0,9	6,5	6,6	-0,8	-4,8
29	-5,3	-1,5	5,2	2,2	-3,0	-3,7	3,6	30,4
30	5,5	3,6	-3,5	-1,5	4,2	-1,3	2,8	12,6

10.5 Transversale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten während der Behandlung

Patient	16 zu R.m. in mm	26 zu R.m. in mm	13 zu R.m. in mm	23 zu R.m. in mm	36 zu K.M. in mm	46 zu K.M. in mm	33 zu K.M. in mm	43 zu K.M. in mm
1	0,6	-0,4	0,8	-0,5	-0,7	0,2	-1,0	0,5
2	2,9	2,8	2,7	2,1	0,4	1,4	0,1	1,1
3	0,6	-0,6	1,5	-1,1	-0,5	0,2	-0,4	0,6
4	0,4	-0,1	0,2	0,1	0,7	-0,5	1,0	-0,3
5	-0,2	-0,1	0,5	2,8	1,5	-0,7	0,8	0,7
6	0,7	-4,4	-2,6	-2,4	0,6	-3,2	-3,7	-0,5
7	1,4	1,2	0,6	0,1	0,5	-0,2	0,0	0,3
8	2,1	2,6	3,5	0,7	1,9	0,6	0,8	0,6
9	0,1	-1,5	-0,2	-0,5	0,8	-0,3	-0,4	0,6
10	0,9	-0,3	-0,2	2,0	0,9	0,2	-0,9	-0,6
11	0,7	0,4	0,0	1,7	0,6	0,5	-0,7	-1,4
12	-3,1	1,0	-1,5	-0,8	1,2	-0,5	0,1	0,8
13	1,1	1,0	2,1	2,4	3,2	1,2	0,1	0,1
14	-0,4	-0,3	0,0	0,6	0,6	0,1	0,4	0,7
15	1,3	-0,4	2,2	-0,1	-0,1	0,3	0,0	-0,9
16	2,2	1,7	0,4	-0,3	0,3	-0,2	-1,2	-0,2
17	-0,9	0,7	1,0	0,0	0,5	-0,9	-1,2	0,0
18	2,5	-0,6	-0,4	1,0	-1,3	-1,1	0,1	0,6
19	1,8	1,2	1,1	-0,5	0,7	0,7	-2,7	0,3
20	-0,1	1,1	-0,7	-0,1	0,7	-0,3	0,1	-0,6
21	0,7	-0,5	-0,6	-0,2	0,5	-0,6	1,1	0,0
22	-1,0	-0,2	-0,7	0,7	-0,8	-0,2	0,6	0,6
23	1,6	1,7	0,9	0,5	1,5	0,1	-0,4	0,7
24	2,5	1,3	1,3	0,3	0,2	2,0	0,0	0,4
25	-0,4	-0,4	0,9	-1,0	-0,2	0,9	-0,1	0,2
26	1,7	-0,5	1,9	2,1	2,3	0,3	-0,1	-0,2

-Fortsetzung-

	16 zu R.m. in mm	26 zu R.m. in mm	13 zu R.m. in mm	23 zu R.m. in mm	36 zu K.M. in mm	46 zu K.M. in mm	33 zu K.M. in mm	43 zu K.M. in mm
27	1,5	-0,7	0,9	-0,3	0,3	-0,7	-0,5	0,5
28	1,1	-1,1	-0,1	1,1	0,4	-0,4	1,1	-0,1
29	-0,4	1,0	1,1	0,9	0,7	-0,2	0,3	-1,8
30	-1,1	0,6	-1,5	-1,9	-0,6	-0,3	0,1	-0,7

10.6 Sagittale Veränderungen in der Gruppe der Bionator-Headgear-Patienten während der Behandlung

Patient	16 zu ant. P. in mm	26 zu ant. P. in mm	13 zu ant. P. in mm	23 zu ant. P. in mm	36 zu ant. P. in mm	46 zu ant. P. in mm	33 zu ant. P. in mm	43 zu ant. P. in mm
1	-1,7	-2,4	-0,9	-0,5	-0,5	0,2	1,4	0,9
2	1,5	0,2	-0,1	-1,0	0,1	0,8	-0,6	-0,5
3	-1,4	-0,2	-1,1	-0,3	0,1	-1,2	-0,2	-0,9
4	-1,5	-1,4	0,2	-1,4	-1,2	-1,0	0,6	0,5
5	-6,7	-2,6	-2,9	0,4	-2,6	-4,2	-0,2	-2,1
6	1,2	-1,4	-0,3	-1,3	-1,0	-0,6	-1,7	0,7
7	-1,3	1,0	-0,9	0,8	1,0	-0,2	0,3	0,1
8	-2,3	-1,7	-0,9	-0,1	-1,6	-0,7	0,3	0,5
9	2,2	-2,9	1,9	2,4	1,0	2,8	0,5	1,2
10	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	0,5	0,3	0,5
11	-0,1	1,3	-0,7	1,5	-0,8	-1,7	0,0	-0,7
12	0,1	-1,1	0,9	0,9	-2,4	-2,4	-0,2	-0,2

-Fortsetzung-

	16 zu ant. P. in mm	26 zu ant. P. in mm	13 zu ant. P. in mm	23 zu ant. P. in mm	36 zu ant. P. in mm	46 zu ant. P. in mm	33 zu ant. P. in mm	43 zu ant. P. in mm
13	-5,3	-4,0	-0,8	-0,8	3,0	2,2	1,3	2,2
14	2,1	4,0	0,0	1,3	-0,7	-1,1	0,4	-0,1
15	-0,8	-1,0	0,1	-0,9	-1,7	0,1	0,1	-0,7
16	-0,6	-1,6	0,0	-1,5	0,6	2,2	-0,4	1,2
17	-1,3	-0,1	-1,4	0,7	-0,4	-0,7	-0,8	0,0
18	0,3	1,7	1,2	-0,5	-1,3	-0,2	0,2	-0,3
19	3,7	3,3	0,3	2,6	-3,3	-5,7	-1,8	-2,5
20	-0,9	-1,6	0,2	0,2	1,8	0,4	1,5	0,7
21	0,1	1,4	-0,6	0,4	0,2	0,4	0,3	-0,3
22	-1,7	1,1	2,0	3,6	0,7	-0,2	-1,0	0,7
23	-1,4	-0,4	0,4	-0,1	0,3	-1,0	0,4	0,2
24	-0,6	-2,3	-0,3	-1,5	-1,3	-0,8	-0,5	-0,4
25	-2,9	-2,3	-0,7	0,6	-0,1	1,1	0,0	0,9
26	-2,7	-2,8	-1,9	-3,5	3,6	1,0	1,0	0,5
27	-1,0	-0,8	1,0	1,1	-2,1	-1,2	-0,6	0,1
28	1,3	-0,4	-0,6	-0,1	1,9	1,8	-0,5	-1,1
29	1,7	0,8	0,3	0,5	-1,1	0,8	-0,8	0,2
30	2,9	2,2	0,8	1,3	0,2	-0,7	0,1	0,0

11. Danksagung

Für die freundliche Bereitstellung des Themas sowie die Möglichkeit, Einrichtungen der Poliklinik für Kieferorthopädie nutzen zu dürfen, möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson herzlich bedanken.

Mein Dank gilt weiterhin Frau Dr. Eliane Caréen Schumacher für die sehr hilfreiche Unterstützung, die wertvollen Anregungen und Ideen zur Anfertigung dieser Dissertation.

12. Lebenslauf

Personalien:	
Vor- und Zunahme:	Wolfgang Setzer
Geburtsdatum:	17.02.1980
Geburtsort:	Rosenheim
Bekenntnis:	evangelisch
Familienstand:	ledig
Eltern:	Dr. med. Heinz-Dieter Setzer Elisabeth Setzer
Schulbildung:	
Grundschule:	Sept. 1986 – Juli 1990
Gymnasium:	Sept. 1990 – Juli 1999
Abitur:	Mai 1999
Zivildienst bei Malteser Hilfsdienst:	
	August 1999 – Juni 2000
Studium der Zahnheilkunde an der LMU:	
	Beginn Oktober 2000 Ende Januar 2006 mit Gesamtnote I
Unterschrift:	