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

Morphologische Veränderungen bei der Behandlung Angle Klasse II Anomalien mit der MSR-Platte, einer Variation der Bass-Platte.
Eine retrospektive kephalometrische Studie

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

vorgelegt von
Nina Schmutzler
aus
München
2005

Mit der Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. Ingrid Rudzki
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. A. Berghaus
	Prof. Dr. Dr. A. Mehl
	Prof. Dr. J.-A. Büttner-Ennaver
Mitbetreuung durch	
den promovierten Mitarbeiter:	Dr. Thomas Sagner
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter
Tag der mündl. Prüfung:	01.02.2005

Meinen Eltern und meinem Mentor
Dr. Dr. Hans Spitzer in Dankbarkeit

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG 4

1.1. Das Knochenwachstum 6

1.1.1 Das maxilläre Wachstum 9

1.1.2 Das mandibuläre Wachstum 11

1.2. Die Klasse II Anomalie 13

1. 3 Funktionskieferorthopädie 14

1.4. Die Bass-Platte 17

1. 4.1 Indikation 17

1.4.2 Aufbau 17

1.4.3 Wirkungsweise 20

1.5 Die MSR-Platte 21

1.5.1 Indikation 22

1.5.2 Aufbau 22

1.5.3 Wirkungsweise 24

1.6 Zuhilfenahme eines Headgears 25

II. LITERATURÜBERSICHT 27

2.1 Allgemeine skelettale Auswirkungen extraoraler Kräfte 27

2.1.1 Wachstumsbeeinflussung des maxillären Komplexes durch funktionskieferorthopädische Geräte 27

2.1.2 Auswirkungen funktionskieferorthopädischer Geräte auf die Mandibula 28

2.1.3 Sagittale und vertikale Auswirkungen 30

2.2 Spezielle Behandlungskonzepte 31
2.2.1 Die Wirkung unterschiedlicher funktionskieferorthopädischer Apparaturen 31
2.2.2 Literaturübersicht zur Bass-Platte 33

III. FRAGESTELLUNG 35

IV. DATENMATERIAL UND METHODE 36

4.1 Datenmaterial 36
4.1.1 Untersuchungs- und Patientengruppen 36
4.1.2 Fernröntgenseitenbilder 41

4.2 Methode 42
4.2.1 Röntgenaufnahmetechnik 42
4.2.2 Kephalometrie 42
4.2.2.1 Skelettale Referenzpunkte 43
4.2.2.2 Konstruierte Punkte 44
4.2.2.3 Dentale Referenzpunkte 44
4.2.2.4 Referenzlinien (mm) 46
4.2.2.5 Referenzwinkel (°) 47
4.2.2.6 Skelettale und dento-basale Streckenmessungen 49
4.2.6 Methodik der statistischen Analyse 51

V. ERGEBNISSE 53

5.1 Beschreibung der gemessenen kephalometrischen Werte: 53
5.1.1 Patientengruppe 1: Die MSR-Gruppe 53
5.1.1.1 Skelettale Aussagen der FRS- Parameter zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes 53
5.1.1.2 Skelettale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Endbefundes 55
5.1.1.3 Dentale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Anfangs- und Endbefundes 56

5.1.2 Patientengruppe 2: Die Bolton- (Kontroll)Gruppe 59
5.1.2.1 Skelettale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes 59
5.1.2.2 Skelettale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Endbefundes 60
5.1.2.3 Dentale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Anfangs- und Endbefundes 61

5.2 Wirkungsweise der MSR-Platte 64
5.2.1 Homogenitätsprüfung der Gruppen 64
5.2.2 Vergleich der gruppenspezifischen Differenzen von Anfangs- und Endbefund 65

VI. DISKUSSION 69

6.1 Methodenkritik 69

6.2 Diskussion zur Wirkung der MSR-Platte 73

6.3 Spezielle Diskussion der Einzelergebnisse 76

6.4 Schlußfolgerung 88

VII. ZUSAMMENFASSUNG 90

VIII. LITERATURVERZEICHNIS 93

IX. ANHANG 100

I. EINLEITUNG

Die Funktionskieferorthopädie stellt heutzutage einen bedeutenden Teil der modernen Kieferorthopädie dar. Aufgrund der Erkenntnis, dass durch den Einsatz bimaxillärer Geräte und eines Konstruktionsbisses dento-basale Gegebenheiten in der Kieferorthopädie beeinflusst werden können, haben bimaxilläre Geräte einen festen Platz im Praxisalltag gefunden.

Seit Anfang des 20. Jahrhunderts werden funktionskieferorthopädische Geräte mit großem Erfolg bei der Behandlung vieler Malokklusionen, teilweise auch skelettaler Herkunft, eingesetzt. Die breite Akzeptanz dieser Behandlungsmethode basiert auf mehreren Studien [2, 78], die im Zeitraum von 1930 bis etwa 1970 durchgeführt wurden. Langzeitstudien [12, 13, 35, 65, 66], insbesondere Vergleiche zwischen Patienten, die mit funktionskieferorthopädischen Geräten behandelt wurden und unbehandelten Kontrollgruppen deuteten allerdings bereits an, dass bestimmte skelettale und dento-alveoläre Effekte auf das individuelle Wachstumspotential und –muster zurückgeführt werden können. In dieser Arbeit wird die Wirkungsweise eines funktionskieferorthopädischen Gerätes, der Platte nach der Münchner Schule von Frau Prof. Dr. Rudzki-Janson (nachfolgend abgekürzt „MSR-Platte“), vorgestellt und das Ergebnis mit einer unbehandelten Kontrollgruppe verglichen. Es handelt sich bei diesem Gerät um eine Modifikation der von BASS entwickelten bimaxillären „Bass-Platte“.

Aus Beobachtungen unterschiedlicher kultureller Bräuche in der Vergangenheit weiß man, dass es möglich ist, das humane skelettale Wachstum in einem gewissen Umfang dauerhaft zu beeinflussen. In China und Japan wurden bis ins 19. Jahrhundert Mädchen bereits im Kindesalter die Füße so umwickelt, dass sie später dem weiblichen Schönheitsideal jener Zeit, der Knospe einer Lotusblume, glichen. Bei einigen Naturvölkern, zum Beispiel den Inkas, wurden wiederum die Schädel von Säuglingen so umwickelt, dass ein bestimmtes, erwünschtes morphologisches Wachstumsmuster entstand. Im Gegensatz dazu steht die Kieferorthopädie jedoch vor dem Problem, dass ein Maximum an Wirkung in einem zeitlich engen Rahmen erzielt werden muss. In den oben genannten Beispielen wurden die „Therapien“ über 15 bis 20 Jahre hinweg angewandt.

Ein Kieferorthopäde hat jedoch nur etwa 2 bis 5 Jahre Zeit zur Verfügung, in der die Motivation des Patienten ausreichend groß genug ist, sich einer Behandlung zu unterziehen.

In der Milch- und Wechselgebissphase besteht die größte Chance das individuelle Wachstumspotential des Gesichtes durch kieferorthopädische Kräfte zu beeinflussen, da in diesem Altersabschnitt im Bereich der Suturen und des Mittelgesichts noch große Wachstumsadaptationen beobachtet werden können [94].

Wichtig für den Erfolg der funktionskieferorthopädischen Behandlung ist die Beachtung der individuellen, genetisch bedingten Wachstumsmuster. Während der genannten Wachstumsphase bestehen gute Möglichkeiten, das vorhandene Knochenwachstum kieferorthopädisch so auszunützen, dass ein funktionell und ästhetisch befriedigendes Ergebnis erzielt werden kann.

Die Bass-Platte wurde in einigen Untersuchungen mit anderen Apparaturen wie dem Aktivator [20], der „Herbst“ Apparatur [71, 51] oder dem Bionator [38] verglichen. Es wurde auch untersucht, inwiefern sich das Alter des Patienten bei Eingliederung der Bass-Platte auf das Unterkieferwachstum auswirkt [68]. In der vorliegenden Arbeit wird die Bass-Platte unter dem Aspekt herangezogen, dass sie der Entwicklung der MSR-Platte als Grundlage diente.

1.1. Das Knochenwachstum

Ab dem 5. Lebensjahr etwa beginnt das Viszerokranium, welches Ober- und Unterkiefer umfasst, sich unter dem bis dahin sehr rasch gewachsenen Neurokranium hervorzuentwickeln. Dabei wachsen die Strukturen des stomatognathen Systems nach vorne unten und gleichen den bis dahin zu beobachtenden Größen- und Wachstumsunterschied zwischen Neurokranium und Viszerokranium aus. Die Verlagerung erfolgt nach anterior-kaudal, entlang des Oberkiefers, des inneren und äußeren Suturensystems und entlang des Unterkiefers über den kondylären Knorpel [87, 95].

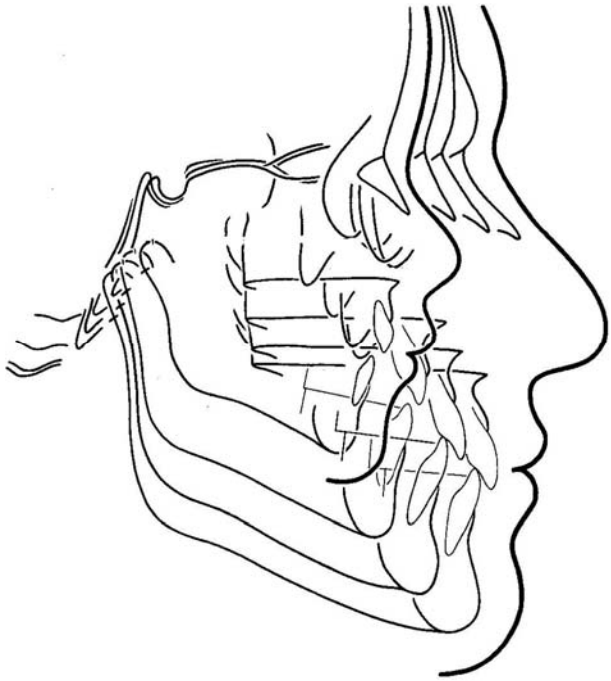


Abb. 1: Graphische Darstellung der räumlichen Entfaltung des Gesichts während des jugendlichen Wachstums. Die Verlagerungsrichtung geht nach anterior-kaudal (aus Enlow [25]).

Die Wachstumsaktivität ist ein Resultat adaptiver Vorgänge [95]. MOSS [61] prägte hierzu den Begriff der „funktionellen Matrix“. Dieser besagt, dass ein Knochen nicht nur rein genetisch bedingt in eine bestimmte Richtung wächst. Seine Wachstumsaktivität ist vielmehr die Folge der wachsenden Platzbedürfnisse neuraler und orofazialer Strukturen. Der Wachstumsstimulus „...ist das Produkt des allgemeinen Wachstumsprozesses und

nicht sein Auslöser“ (ENLOW [25] S.52 Abb.2.21 letzter Satz). Kraniofaziale Suturen zum Beispiel streben aufgrund der massiven Größenzunahme des Großhirns auseinander. Die Knochenplatten müssen folglich stets mitwachsen, um die ansonsten entstehenden Zwischenräume zu überbrücken. Analog dazu besteht für den fazialen Bereich ein Verlagerungsstimulus durch die wachsenden Platzbedürfnisse der rhinooralen Strukturen und der Größenzunahme der Gesichtsmuskulatur [25]. Der Oberkiefer wird nach vorne unten transloziert und der Unterkiefer wandert reaktiv mit, um den Kontakt nicht zu verlieren. Der Condylus wächst entsprechend mit, um wiederum den Kontakt zur Fossa glenoidalis nicht zu verlieren.

Es besteht eine Wachstumsrichtung nach dorsal kranial, die Verlagerungsrichtung jedoch weist nach ventral kaudal (siehe dazu Abbildung 2).

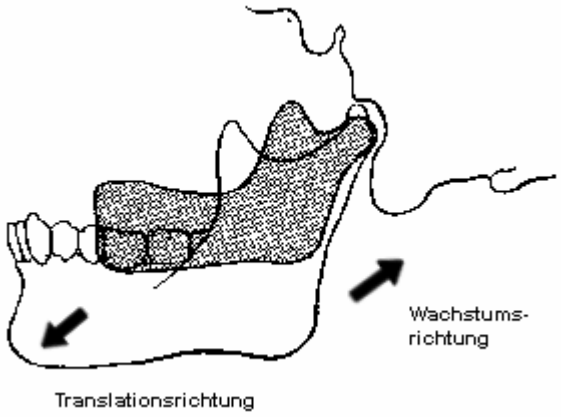


Abb. 2: Während die Wachstumsrichtung nach dorsal kranial verläuft, wird die gesamte Mandibula entgegengesetzt nach anterior kaudal transloziert (aus ENLOW [25]).

Wie also wächst Knochen im Detail?
Grundsätzlich bestehen zwei Arten von Wachstumsbewegungen:

1. die Translation
2. die Remodellation

Die Remodellation prägt die Morphologie des Knochens und seine Größenzunahme. Es handelt sich um eine kortikale Transformation durch Apposition auf der einen und Resorption auf der anderen Seite. Je nachdem, ob die appositionelle oder die resorptive Rate größer ist, vergrößert oder verkleinert sich der Knochen und/oder verändert seine Ausrichtung. Da diese Vorgänge in unterschiedlichem und wechselndem Ausmaß stattfinden, ermöglichen sie die Vergrößerung eines Knochens bei gleichzeitiger Remodellation der Form. Dieses Phänomen wird auch Wachstumsremodellation genannt. Sie ist für die faziale Morphogenese die Basis für Verlagerungen, ohne die Morphologie des Knochens zu verändern. Der Arcus zygomaticus zum Beispiel wächst nach lateral und kaudal. Die Jochbögen wachsen durch progressive Anlagerung an den Lateralflächen und gleichzeitiger Resorption an den gegenüberliegenden Flächen nach außen, während der Rest des Mittelgesichts zwischen ihnen hindurchwächst. Sie vergrößern sich in gleicher Weise nach kaudal, um dem ebenfalls wachsenden Muskelzug standzuhalten (siehe Abbildung 3).

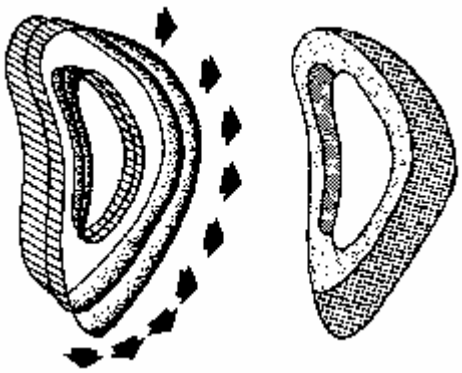


Abb. 3: Die Wachstumsrichtung des Jochbogens verläuft nach lateral kaudal mit Apposition an den Außenflächen und Resorption an den Medialflächen (aus ENLOW [25]).

Die Translation ist die Bewegung eines Knochens von einem anderen hinweg (siehe auch Abbildung 2). Sie ist abhängig von den Berührungsflächen zweier Knochen. Artikulationskontakte stellen somit Translationszonen dar. Artikulationsflächen sind Berührungsflächen, von denen sich Knochen während der Translationsprozesse wegbewegen. Dadurch können während der Größenzunahme Artikulationskontakte mit anderen, ebenfalls wachsenden Knochen beibehalten werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Knochen im Laufe des Gesichts- und Schädelwachstums zwei Arten der skelettalen Bewegung erfährt. Die *Remodellations*vorgänge erfordern Knochenneuanlagerung auf der einen Seite, die in Wachstumsrichtung weist, und Resorption auf der gegenüberliegenden Seite. Der *Translations*vorgang hingegen ist eine Bewegung des gesamten Knochens, die ihn in toto von den Kontaktflächen mit anderen Knochen weg bewegt, während diese gleichzeitig eine Größenzunahme erfahren. Beide Prozesse finden gleichzeitig statt!

1.1.1 Das maxilläre Wachstum

Die kranialen Wachstumsprozesse an sich sind außerordentlich kompliziert, da Grenzgebiete wie Schädelbasis, Anteile der Orbita und des nasalen Raumes mitbetroffen sind [94]. Die Wachstumsimpulse werden im Oberkiefer durch die wachsenden Platzanforderungen von Mund-, Nasen- und Rachenraum, Nasennebenhöhlenräumen, sowie durch die heranwachsende Dentition gegeben [25]. Auch die Schädelbasis Strukturen bewirken ein so genanntes sekundäres „Displacement“. Bei diesem von ENLOW [25] geprägten Begriff handelt es sich um eine Unterteilung des bereits erklärten Begriffs der Translation. Laut ENLOW [25] gibt es zwei Arten von Translation (engl.: Displacement): die primäre und die sekundäre (siehe hierzu auch die Abbildungen 3 und 4). Die primäre Translation ist der Prozess der Knochenbewegung in Abhängigkeit von seiner eigenen Größenzunahme. Durch Wachstum in eine Richtung wird der Knochen entsprechend dieser in die entgegengesetzte Richtung transloziert. Die Translation geht immer von den Kontaktflächen der verschiedenen Knochen miteinander aus.

Bei der sekundären Translation wird die Bewegung eines Knochens nicht direkt durch sein eigenes Wachstum bestimmt (siehe dazu Abbildung 4). Ein Knochenkomplex wird zusätzlich zu seiner eigenen Translokation auch von benachbarten, ebenfalls wachsenden Knochen verschoben. Die Maxilla zum Beispiel wird durch das anteriore Wachstum der mittleren Schädelgrube und des Lobus temporalis des Gehirns nach inferior und ventral verlagert. Wachstum und Größenzunahme der Maxilla selbst haben auf diesen Vorgang keinen Einfluss.

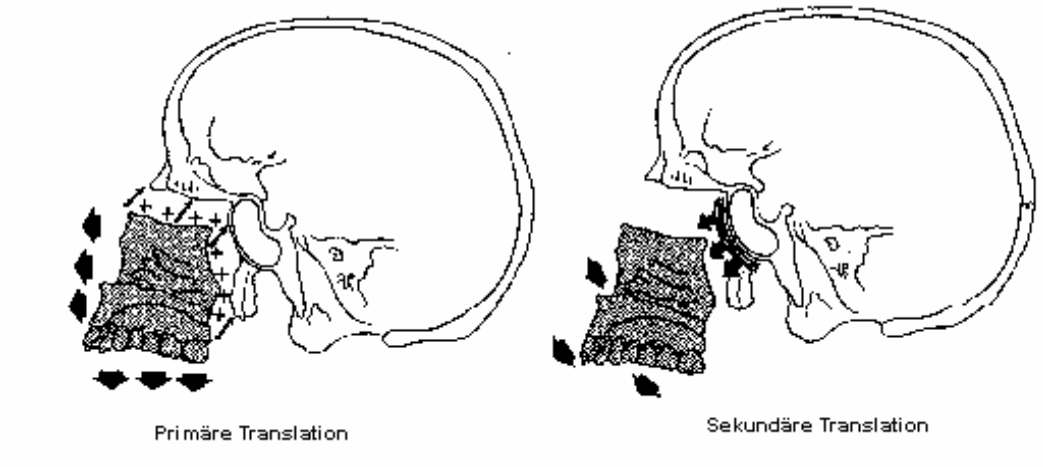


Abb. 4: „Primäre-“ und „sekundäre Translation“. Die primäre Translation geht vom Knochenkomplex selbst aus, während die sekundäre Translation durch benachbarte wachsende Knochen Strukturen verursacht wird (aus Enlow [25]).

Der transversale Zuwachs des Oberkiefers wird beträchtlich von der Sutura palatina mediana bestimmt [95, 103]. Das Breitenwachstum nimmt im ersten Lebensjahr entlang des gesamten Alveolarfortsatzes schnell zu. Ein Wachstumsmaximum wird mit ca. 2,5 Jahren erreicht [10]. MOORREES [60] beschrieb das Transversalwachstum anhand der Abstandsunterschiede der oberen Eckzähne zu einander. Ein erster Wachstumsschub zwischen 3 und 4 Jahren wird gefolgt von einem zweiten, der ca. 1,5 Jahre später eintritt. Mit dem Durchbruch der bleibenden Canini tritt der dritte Wachstumsschub ein, der sich bis zum 18. Lebensjahr mit rückläufiger Geschwindigkeit fortsetzt.

Eine weitere, sehr aktive Wachstumszone ist der Tuber maxillae. Er trägt mit seinem appositionellen Wachstum nach dorsal wesentlich zur Verlängerung des Alveolarfortsatzes bei. Zur Verlängerung des harten Gaumens trägt die Sutura palatina transversa bei.

Die Vestibulärflächen des Alveolarfortsatzes folgen zeitlich und räumlich verschiedenen Remodellierungsmustern. Bis zum Durchbruch der Milchinzisivi erfolgt eine leichte nach

ventral gerichtete Apposition, die dann sistiert und noch einmal schwach beim Durchbruch der bleibenden Schneidezähne auftritt. Sie dienen der Formerhaltung [95].

Generell kann man sagen, dass das Oberkieferwachstum zunächst durch Größenzunahme und Längenwachstum nach ventral kaudal geprägt ist, bevor verstärkt Remodellierungsprozesse einsetzen um letztendlich die Pneumatisation der Mund-, Nasen- und Nasennebenhöhlen zu vervollständigen.

1.1.2 Das mandibuläre Wachstum

Der Unterkiefer wächst im Allgemeinen in alle Richtungen, jedoch hauptsächlich nach dorsal und kranial. Daraus ergibt sich, wie beim Oberkiefer eine tendenzielle Verlagerung nach anterior kaudal. Trotz der ständig stattfindenden Remodellationen bleibt die Form als Ganzes weitgehend erhalten [25]. Der Mandibularkanal und der diesen unmittelbar umgebende Knochen bleiben relativ stationär. Sie werden nicht in den Transformationsvorgang mit einbezogen. Die Krümmung des Mandibularkanals lässt also auf die ursprüngliche Wachstumstendenz des Unterkiefers rückschließen [13].

Der Alveolarbogen wird indirekt durch intensive Apposition am dorsalen Rand des Ramus ascendens verlängert. Durch eine gleichzeitige, wenn auch schwächere Resorption am ventralen Rand driftet der aufsteigende Ast nach dorsal und der horizontale Teil des Corpus wird länger. Im Bereich des Processus coronoideus und der Incisura mandibulae entwickelt sich der Ramus appositionell in der Vertikalen, wobei diese Strukturen ebenfalls dem Drift folgen und somit ständig einer Transformation unterworfen sind. Diese Veränderungen, zusammen mit den Vorgängen am Processus condylaris, schaffen den nötigen Platz für das mit dem Zahndurchbruch einhergehende Alveolarfortsatzwachstum.

Der Processus condylaris stellt eines der Hauptwachstumsloki im Unterkiefer dar [13, 25, 74, 96, 103]. Es handelt sich hierbei um ein regionales Zentrum in der vermehrt adaptives Wachstum stattfindet [25, 95]. Zum Beispiel wurde von kongenital aplastischen Mandibeln berichtet, die sich jedoch in morphologischer Ausprägung, sowie Position und Funktion kaum von normal entwickelten Unterkiefern unterschieden.

Die funktionelle Aufgabe des Processus condylaris ist die ständige Anpassung an die lokalen Gegebenheiten. Heute wird die Theorie des sekundären Wachstums im Sinne einer funktionellen Matrix, die selbstverständlich genetisch vorprogrammiert ist, vertreten [25]. Dabei wird die Mandibula soweit nach unten vorne verlagert, wie der Oberkiefer in Abhängigkeit seiner Weichgewebsmatrix bewegt wird. Durch diese passive Translation entsteht der Impuls zur Größenzunahme am Processus condylaris. Somit wächst der Condylus in dem Maße auf die Schädelbasis zu, wie der Unterkiefer von seinem artikulären Kontakt wegbewegt wird, um einem potentiellen Spalt an der Artikulationsfläche zu vermeiden. Durch einen Restdruck an der Gelenkfläche, der durch die beidseits der Artikulationsfläche wachsenden Knochen verursacht wird, wird das enchondrale Kondylenwachstum weiterhin stimuliert. Das suturale Wachstum des Mittelgesichts endet deutlich vor dem Abschluss des Körperlängenwachstums. Das kondyläre Unterkieferwachstum jedoch überdauert das Körperlängenwachstum [95].

Eine transversale Breitenzunahme ist nur anfangs durch die Symphyse gegeben, sie verknöchert schon nach dem 6. bis 8. Lebensmonat [12, 25, 87, 95]. Weitere Veränderungen der Breite können nun nur noch durch vestibuläre Wachstumsaktivität erreicht werden. Die Zunahme der Interkondylardistanz ist gekoppelt mit der divergierenden Grundform des Unterkiefers und dessen Längenzunahme nach dorsal. Ab dem siebten Lebensjahr verändert sich diese jedoch kaum noch, da bis dahin das laterale Wachstum der Os temporales, und damit der Fossae glenoidales, größtenteils abgeschlossen ist.

Zusammenfassend können beim Unterkieferwachstum drei Bewegungsrichtungen unterschieden werden:

1. Die kondyläre Wachstumsrichtung nach dorsal kranial, welche die Translation des Unterkiefers nach ventral kaudal ausgleicht, um so den Kontakt mit den Artikulationsflächen beizubehalten.

2. Apposition und Resorption am aufsteigenden Ast, die zu einer posterioren Drift und damit zu einer Längenzunahme am horizontalen Ast in Vorbereitung auf die spätere bleibende Dentition führt.

3. Vertikales Wachstum am Alveolarfortsatz, welches mit der Dentition sowohl der Unterkiefer- als auch der Oberkieferzähne gekoppelt ist.

Der Unterkieferknochen kann während des Wachstums seine Inklination mehrmals ändern [13]. Er ist ein Produkt der verschiedenen auf ihn wirkenden regionalen Kräfte und Wachstumskontrollen.

1.2. Die Klasse II Anomalie

Bei der Angle Klasse II Anomalie handelt es sich um eine weltweit gültige Einteilung der Lagebeziehung des Oberkiefers zum Unterkiefer. Danach werden als Hauptklassen unterschieden:

1. Dento-alveoläre Angle Klasse II
   Die ursprünglich von E.H. Angle beschriebene Klassifikation bezieht sich rein auf die dentale Relation der ersten oberen Molaren in Bezug auf die unteren.
   Folgende Klassifikationen bestehen:
   Angle Klasse I – eugnathe Bisslage (der mesio-buccale Höcker des oberen ersten Molaren beißt in die zentrale Querfissur des unteren ersten Molaren).
   Angle Klasse II – distale Bisslage (der mesio-buccale Höcker des oberen ersten Molaren beißt **vor** die zentrale Querfissur des unteren ersten Molaren). Je nach Stellung der oberen Inzisivi wird bei dieser Einteilung noch der Zusatz Angle Klasse $II/_1$ bei einer protrusiven Stellung der Inzisivi, oder Angle Klasse $II/_2$ bei einer retrudierten Stellung der Inzisivi hinzugefügt.
   Angle Klasse III – mesiale Bisslage (der mesio-buccale Höcker des oberen ersten Molaren beißt **hinter** die zentrale Querfissur des unteren ersten Molaren).

2. Skelettale Klasse II
   Differentialdiagnostisch muss auch die Relation der skelettalen Anteile (Mandibula und Maxilla) des stomatognathen Systems betrachtet werden. Hier spricht man in der Kieferorthopädie von einer skelettalen Klassifikation:
   Skelettale Klasse I – neutrale Relation der Mandibula zur Maxilla.

Skelettale Klasse II – distale Relation der Mandibula zur Maxilla. Hierbei kann entweder die Maxilla zu stark protrudiert liegen, oder die Mandibula liegt relativ zum Gesichtsschädel zu weit zurück. Je nachdem, ob die „Ursache“ in der Mandibula oder Maxilla liegt, wird bei der diagnostischen Einteilung der Zusatz Klasse II/mand. bzw. Klasse II/max. hinzugefügt.
Skelettale Klasse III – mesiale Relation der Mandibula zur Maxilla.

BASS [6] charakterisiert die Klasse II Anomalie als eine Protrusion der Oberkieferbasis mitsamt der Dentition in Relation zur Unterkieferbasis mitsamt seiner Dentition. Beides steht in Relation zu Anomalien bzw. Fehlfunktionen (z.B. Habits) der umgebenden Hart- und Weichgewebe. Die Ausprägungsgrade der Anomalie vermögen in sämtlichen Variationen zu erscheinen. Für BASS ist die Klasse II der sichtbare Zusammenbruch der zusammenspielenden Mechanismen, die bei der Gesichtsentwicklung zu einer funktionellen Dentition führen sollen.

1. 3 Funktionskieferorthopädie

Unter Funktionskieferorthopädie verstehen wir einen Behandlungsansatz, der auf die Korrektur verschiedener Malokklusionen, der Verbesserung der Zahnbogenform und der Funktionsverbesserung der orofacialen Strukturen ausgerichtet ist. Hierzu werden bimaxilläre Geräte eingesetzt, welche die Kaumuskulatur, sowie die Lippen- und Zungenmuskulatur stimulieren. Diese Geräte werden ursprünglich bevorzugt bei zu kleinem oder zurückliegenden Unterkiefer angewandt, um eine Wachstumsfreigabe zu ermöglichen.
Zu den gemeinsamen Merkmalen bimaxillärer Geräte gehören:

- Die Abnehmbarkeit durch den Patienten
- Wirkung auf beide Kiefer gleichzeitig
- Voraussetzung für den Erfolg ist der Konstruktionsbiss

Durch die Konstruktionsbissnahme wird der Unterkiefer durch muskuläre Führung in sagittaler, vertikaler und transversaler Richtung zum Oberkiefer orientiert, so dass eine Klasse I Einstellung resultiert.

Die angewandten funktionskieferorthopädischen Geräte unterscheiden sich klinisch durch:

- die Art der Konstruktionsbissnahme
- unterschiedliche Gerätekonstruktion und durch Zusatzelemente
- verschiedene Wirkungstheorien

Obwohl die Wirkungstheorien insgesamt variieren, besteht Einigkeit darüber, dass es unabdingbar ist, sich ein Bild des gesamten individuell genetisch bedingten Wachstumsmusters zu schaffen, bevor die Funktionskieferorthopädie angewendet werden kann. Allen voran stehen dabei die Variablen Wachstumszeitpunkt, -richtung und - potential.

Der geeignete Zeitpunkt wird behandlerspezifisch durch den gewählten Behandlungsansatz bestimmt. Manche Kieferorthopäden tendieren zum Eingreifen vor, andere während und manche sogar kurz nach dem pubertären Wachstumsschub. Präpubertär ist nur eine minimale skelettale Wachstumszunahme zu verzeichnen. Während des pubertären Wachstumsschubs erfährt der junge Mensch signifikante Größenzunahmen, jedoch mit starken individuellen Abweichungen bezüglich dessen Ausmaßes.

Die beiden anderen Variablen sind Richtung und Potential. Anhand von Implantatstudien [13, 65, 66] wurde gezeigt, dass Potential und Richtung im Wachstum des Viscerocraniums variieren. Diese Variationen korrelieren jedoch größtenteils mit dem Gesichtstyp. Es ist daher wichtig sich ein möglichst genaues Bild dieser beiden Variablen zu verschaffen, da ähnliche dento-alveoläre Relationen bei Patienten mit durchaus unterschiedlichen skelettalen Charakteristika auftreten können.
Einen Hinweis auf die Wachstumsrichtung des Unterkiefers erlangt man zum Beispiel durch die Beurteilung der Unterkieferform. Dabei wird die Form der Kondylen zur Abschätzung der Translationstendenz herangezogen. Um Hinweise auf die Rotationstendenzen zu gewinnen, betrachtet man die Krümmung des Mandibularkanals, den unteren Rand des Ramus, die Neigung der Symphyse und die anteriore Gesichtshöhe.

Um diese Charakteristika zu klassifizieren empfehlen SEGNER und HASUND [92] eine Einteilung in positive Werte bei einer Tendenz zu sagittaler Translation bzw. anteriorer

Rotation und negativer Werte für eine eher vertikale Translation bzw. posteriore Rotation der Mandibula.

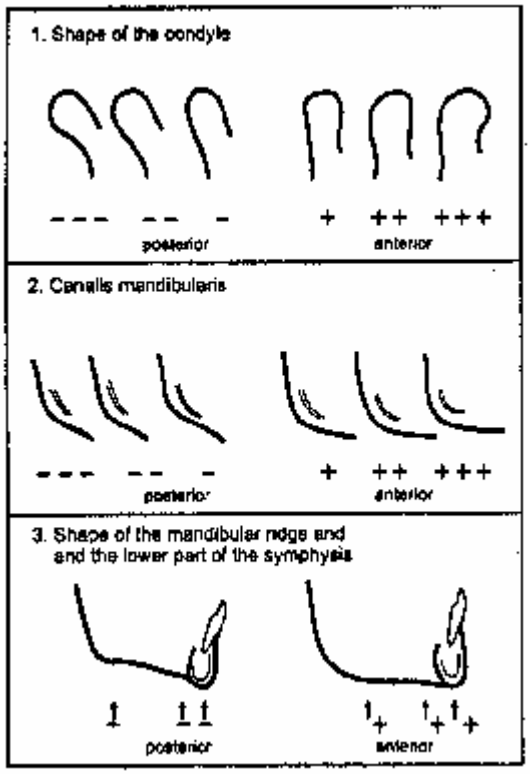


Abb. 5: Darstellung zur Einteilung der Wachstumsrichtung des Unterkiefers nach Segner/Hasund [92].

1.4. Die Bass-Platte

Zur Verdeutlichung der Ähnlichkeiten der MSR-Platte und der Bass-Platte sollen an dieser Stelle der Aufbau und Funktionsweise der Bass-Platte nochmals genauer erläutert werden. (Siehe hierzu auch Abbildungen 6 und 7)

Ursprünglich entstand die Bass-Platte aus Elementen des Funktionsreglers nach Fränkel und aus Elementen der Herbst-Apparatur.

1. 4.1 Indikation

Indiziert ist diese Apparatur bei allen moderat bis stark ausgeprägten Klasse II Malokklusion. Sie ermöglicht ein frühzeitiges Behandeln auch während der Wechselgebissperiode.

Die Bass-Platte wird in der ersten Phase eines zweiphasigen Behandlungsablaufes zur Korrektur einer Angle Klasse II eingesetzt: In der ersten Phase, auch orthopädische Phase genannt, konzentriert man sich auf die Faktoren, die ursächlich für das Zustandekommen der vorhandenen Malokklusion verantwortlich sind. Es gilt hier, die orofaziale Muskulatur zu entspannen und eine harmonische Relation der Kieferbasen durch Wachstumsinhibition im Oberkiefer und Wachstumsstimulation im Unterkiefer anzustreben. Leichte dentale Korrekturen können ebenfalls in diesem Stadium ausgeführt werden.

Somit wird in der zweiten, der orthodontischen Phase nur noch eine Korrektur der Zahnbögen in die Idealverzahnung (z.B. durch Edgewise Therapie) vorgenommen.

1.4.2 Aufbau

Die Bass-Platte besteht im wesentlichen aus drei Bauteilen:

1. Die Oberkiefereinheit – Monoblock mit Torqueeigenschaften
2. Die Unterkiefereinheit – zur Wachstumsharmonisierung im Unterkiefer

1. Die Weichteilpolster – zum Abhalten der bukkalen und labialen Muskulatur

Ad 1.: Der Monoblock besteht aus einem sich über den harten Gaumen erstreckenden Kunststoffblock, der mittig getrennt ist und an den Molaren mit Klammern befestigt wird. Eine anteriore Torquefeder erstreckt sich über die mittleren oberen Inzisiven und endet in einer doppelten Spiralfeder zwischen den medialen und lateralen Inzisiven. Der 0,6 mm starke federharte Stahldraht wird im Kunststoffblock verankert. Der Bogen der Torquefeder verläuft 1 mm vor dem Gingivalsaum. Es besteht die Möglichkeit an der Spiralfeder extraorale Züge oder intermaxilläre Gummis zu befestigen.

Der Kunststoffblock fasst die Inzisalkanten der Oberkieferfront und ist palatinal, besonders im Bereich der Papilla inzisiva ca. 5 mm weit freigeschliffen, um eine Palatinalwanderung der Front apices beim Torquevorgang nicht zu behindern. Wichtig für die Wirksamkeit des Torquevorganges ist, dass die Inzisalkanten palatinal um ca. 1,5 mm gefasst sind, bevor der Entlastungsfreiraum beginnt. Ohne eine solche Fassung wäre ein Wurzeltorque nicht möglich.

Die Okklusalflächen aller Oberkieferzähne werden dünn durch den Kunststoffblock bedeckt. Er sollte jedoch nicht zu dick sein, um die Eruption der Unterkiefermolaren nicht zu beeinträchtigen, dennoch muss er stark genug sein um eine stabile Plattform für das Angreifen extraoraler Kräfte zu bieten. Lateral des Monoblocks, auf Höhe der Prämolaren werden beidseits 1,2 mm dicke Röhrchen befestigt. Sie dienen der Aufnahme eines Headgears. Zentral palatinal ist eine Verstellschraube um die zwei Kunststoffsegmente nach lateral entsprechend dem Wachstum nachzustellen.

Eine Variante der Apparatur erlaubt durch das Anbringen von zwei senkrecht im Kunststoff stehenden Röhrchen die Aufnahme der Unterkiefereinheit. Diese parallel verlaufenden Röhrchen liegen palatinal auf Höhe der ersten Molaren. Des weiteren lassen sich durch das Anbringen von zwei parallelen Röhrchen im rechten Winkel zur Molarenlinie die bukkalen Weichteilpolster befestigen.

Ad 2.: Wesentliches Merkmal der Unterkiefereinheit ist der fehlende Kontakt zur mandibulären Dentition.

Wie bereits beschrieben, werden in der Oberkiefereinheit zwei parallel laufende Röhrchen palatinal der Molaren senkrecht in den Kunststoff eingebracht. Diese dienen der Aufnahme der Lingualpolster. Sie bestehen aus 1,2 mm dickem Edelstahldraht, der an der Lingualseite des Unterkieferzahnbogens kurz vor der Mukosa endet. Um die dünne Mukosa des lingualen Alveolarkammes nicht zu beschädigen, sind die Enden der Stahldrähte nochmals mit einem Kunststoffpolster bedeckt. Die Kunststoffpolster haben Kontakt mit der Mukosa und zwingen den Patienten dadurch seinen Unterkiefer in einer protrudierten Position zu halten.

Anstatt Edelstahldraht können alternativ zwei Kunststoffplatten mit gleicher Verlaufsform verwendet werden, die mit zwei Stiften palatinal verankert sind. An diesen Platten sitzt ein Lingualbogen, ebenfalls mit zwei Kunststoffpolstern zum Schutz der Mukosa.

Im rechten Winkel zur Molarenlinie werden wiederum zwei parallele Röhrchen im Oberkieferblock eingebracht; sie dienen der Aufnahme der Wangenpolster. An der Ventralseite der Wangenpolster kann zusätzlich ein Lip-bumper befestigt werden.

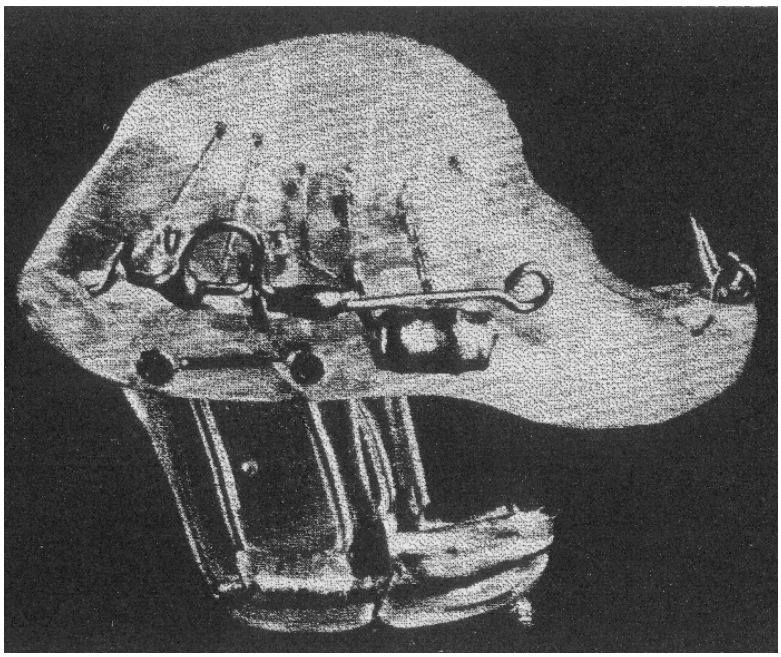


Abb. 6: Seitenansicht der Grundkonstruktion der Bass-Platte. Deutlich erkennbar ist die Unterkiefereinheit. (Bild aus: Bass [6])

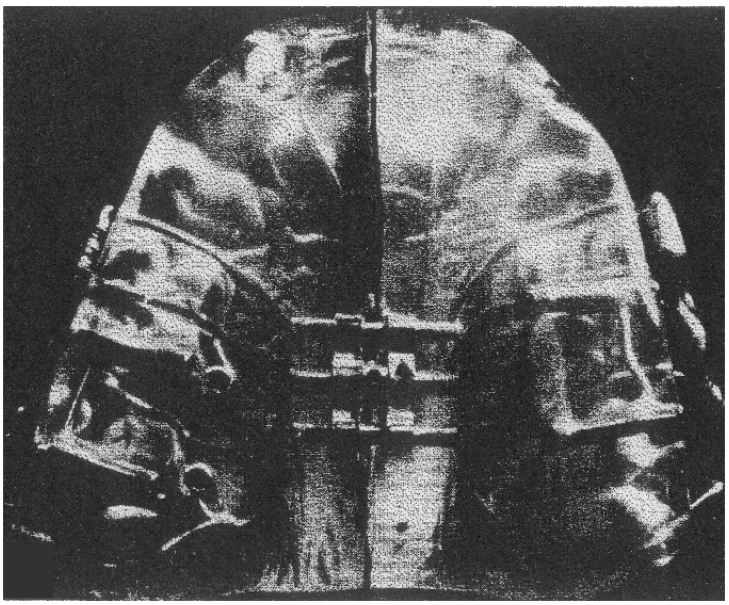


Abb. 7: Aufsicht der Bass-Platte von kaudal. Die massive Konstruktion verblockt den Oberkiefer zu einer festen Einheit. (Bild aus Bass [6])

1.4.3 Wirkungsweise

Durch diese Apparatur wird der Oberkiefer zu einer Einheit verblockt, an der nun extraorale Kräfte in der Region von 10-20 Newton angreifen können. Hier wirken also orthopädische Kräfte. Durch die nach kranial und distal gerichteten Kräfte wird gewährleistet, dass der Kraftvektor entweder vor oder durch den Punkt des größten Widerstandes der Maxilla tritt. Die Kraft wird über die Dentition auf die gesamte Maxilla übertragen und somit auch auf die kraniofazialen Suturen. Folglich wird Wachstum gehemmt [56, 71, 98, 106]. Besteht nun auch noch ausreichend Wachstumspotential im Unterkiefer, so wird sich die sagittale Diskrepanz zwischen Ober- und Unterkiefer verringern.

In Verbindung mit der Bass-Platte können verschiedene Headgeararten verwendet werden. Zum Beispiel kann man J-Hooks, die an den Helices der Torquefeder befestigt sind oder einen High-pull Headgear mit kurzem Außenbogen verwenden. Dadurch wird der Kraftvektor anterior dem Widerstandspunkt geleitet und man vermeidet eine Kippung der Maxilla (siehe auch Kap. 1.6). Durch die Überdeckung der Kauflächen vermeidet man die bei Headgear Gebrauch übliche Elongation der Molaren; im Gegenteil, sie werden sogar wie erwünscht an der Eruption gehindert. Dadurch können sie für den Unterkiefermolaren auch kein Gleithindernis darstellen – die Mandibula kann ungehindert nach anterior schwenken.

Auch das Ausmaß eines nötigen Wurzeltorques bleibt der individuellen Situation überlassen. Laut Bass kann man einen Torque von bis zu 20 Grad erzielen, zum Beispiel bei der Korrektur einer Klasse II/2 Malokklusion. Man sollte jedoch daran denken, dass ein großer Wurzeltorque durch die bereits wirkenden orthopädischen Kräfte oftmals hinfällig wird, weil sich die Dentition ohnehin kompensatorisch mitbewegt.

Durch die Oberkiefereinheit wird die Maxilla relativ nach distal verlagert. Bei einer solchen Bewegung kommt es gerade im Seitenzahnbereich zu einer Größendiskrepanz der Zahnbögen die, falls sie unbeachtet bleibt, in einem Kreuzbiss resultieren kann. Als regulatorische Maßnahme dient die zentrale Verstellschraube. Sie wird kompensatorisch, dem Wachstum und den Veränderungen folgend nachgestellt, um eine mögliche Kreuzverzahnung zu vermeiden.

Einzelne Zähne können durch entsprechende Einarbeitung von Fingerfedern oder zusätzlichen Schrauben bewegt werden.

Die Unterkieferposition wird initial durch einen Konstruktionsbiss festgelegt. Eine progressive Protrusion wird durch die Lingualpads ermöglicht. Diese können nahezu stufenlos verstellt werden.

Um muskuläre Reize bzw. Fehlfunktionen der Wangen und oder der Lippenmuskulatur zu minimieren, werden die Wangenpolster und gegebenenfalls auch Lip bumper eingesetzt.

1.5 Die MSR-Platte

Die MSR-Platte (**M**ünchener – **S**chule – **R**udzki) ist, wie bereits erwähnt, eine Variation der Bass-Platte. Sie enthält ferner Merkmale des Aktivators und der Hansa-Platte. Je nachdem, ob es sich bei einem Patienten um eine Angle Klasse II oder III handelt, kann diese Apparatur durch entsprechende Zusatzteile zur Behandlung beider Malokklusionsformen eingesetzt werden. In dieser Untersuchung ist die MSR-Platte II zur Behandlung der Angle Klasse II relevant.

1.5.1 Indikation

Indiziert ist die MSR-Platte II bei moderaten Angle Klasse II Anomalien. Sie ermöglicht ein frühzeitiges Behandeln während der frühen Wechselgebissperiode. Als Besonderheit gilt, dass die MSR-Platte auch zur Therapie einer Klasse III Malokklusion in Verbindung mit einer Delaire-Maske verwendet wird.

1.5.2 Aufbau

Bei der MSR-Platte handelt es sich um eine skelettierte Platte mit okklusalem Aufbißplateau (siehe Abb. 8 und 9). Die dem Unterkiefer zugewandte Seite des Monoblocks ist plan geschliffen und poliert. Optional können Impressionen der unteren Dentition entsprechend den Vorgaben des Konstruktionsbisses eingearbeitet bleiben.

Bukkal und vestibulär werden die Zähne ca. 1 bis 2 mm vom Kunststoff gefasst. Verankert wird die Platte mit Adamsklammern an den Sechsjahrmolaren und mit Pfeilklammern zwischen den oberen Milchdreiern, -vierern und -fünfern. Die Palatinalflächen der Inzisivi werden von Kunststoff freigehalten, damit ein Torque mit Jacksonfedern stattfinden kann. Ein kleiner U-förmiger Verbindungsbügel aus 0,9 mm Federstahl sitzt palatinal über der Papilla inzisiva. Als nächstes wird eine aus 0,7 mm Federstahl gebogene Jacksonfeder gebogen. Wichtig ist, dass der vestibuläre Marginalsaum der Inzisiven nicht verletzt wird. In Höhe der Inzisalkanten wird jeweils distal der mittleren Schneidezähne eine Helix geformt, bevor der Draht wieder nach palatinal schwenkt um im Kunststoff verankert zu werden. Zuletzt wird im posterioren Bereich des Gaumendaches eine Fächerschraube eingesetzt.

Zur Verankerung eines Headgears, werden je nach erwünschter Wirkung Röhrchen entweder im Prämolaren- oder Molarenbereich in die Kunststoffplatte eingebaut.

Um die Konstruktion möglichst patientenfreundlich zu gestalten, wurde die zentrale Gaumenpartie nicht mit Kunststoff bedeckt.

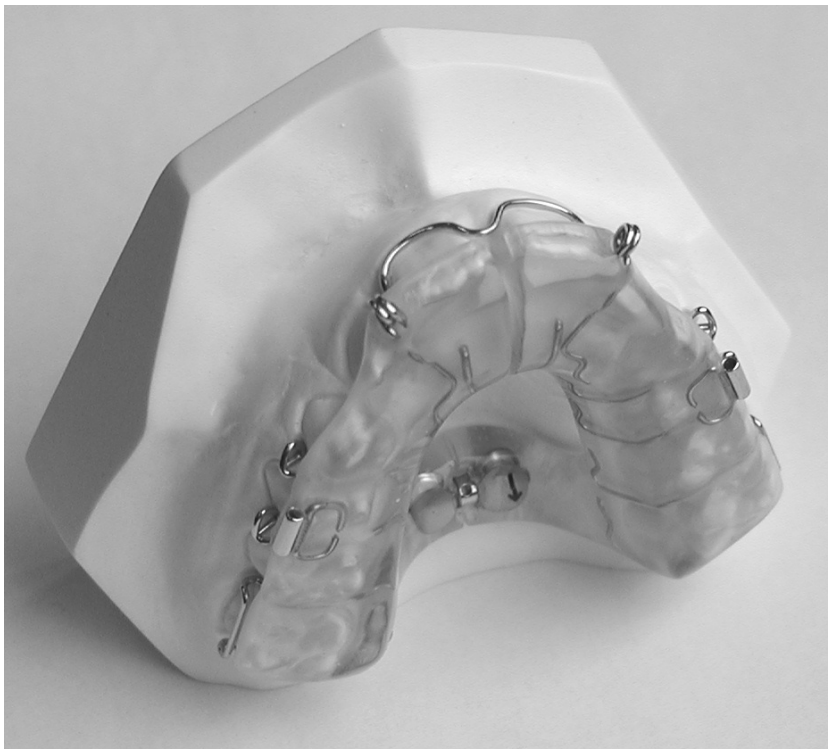


Abb. 8: Schräg-laterale Ansicht der Grundkonstruktion der MSR-Platte. In der Front sind die Torque-Federn erkennbar, seitlich die Klammern zur Verankerung am Oberkiefer, sowie die eingearbeiteten Headgearröhrchen.

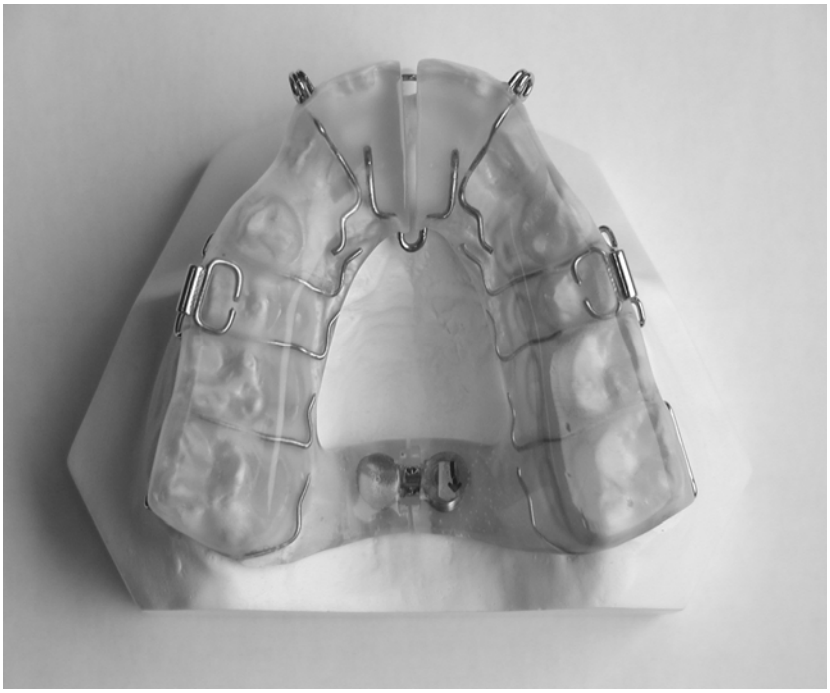


Abb. 9: MSR-Platte in der Aufsicht. Gut erkennbar ist die freigelegte Gaumenpartie um den Tragekomfort zu erhöhen und die Platte graziler erscheinen zu lassen.

1.5.3 Wirkungsweise

Die MSR-Platte verblockt den Oberkiefer ebenfalls zu einer Einheit, an der dann von extraoral orthopädische Kräfte angreifen können. Auch hier ist das Ziel, das Wachstum im Oberkiefer so zu hemmen, dass die sagittale Stufe bei ausreichend Wachstumspotential im Unterkiefer verringert wird.

Die Oberkiefereinheit verlagert, ebenso wie bei der Bass-Platte, die Maxilla relativ nach distal. Dadurch kommt es vor allem im Seitenzahnbereich zu einer leichten Größendiskrepanz der Zahnbögen. Um einen drohenden Kreuzbiss zu vermeiden, wird die zentrale Expansionsschraube kompensatorisch, dem Wachstum und den Größenveränderungen folgend nachgestellt.

Durch die Überdeckung der Kauflächen vermeidet man einerseits die bei Headgeargebrauch übliche Elongation der Molaren, andererseits kann eine Eruption durch Ausblocken der entsprechenden Abschnitte gesteuert werden.

Die Torquefeder dient der Angulierung der oberen Inzisivi. Durch die Feder wird der Apex der Zahnes körperlich nach distal bewegt. Die Inzisalfläche bleibt stationär, da sie durch den Kunststoffblock gefasst ist. Je nach Aktivierung der Torquefeder kann das Ausmaß der Angulierung gesteuert werden.

Die Unterkieferposition wird alleine durch den Konstruktionsbiss festgelegt. Der Patient schließt in die Impressionen des Kunststoffmonoblocks. Ist eine neue, weiter anteriore Unterkieferposition erwünscht, so wird ein neuer Konstruktionsbiss angefertigt. Alternativ werden die Impressionen weggeschliffen, sodass die Mandibula vollkommen ohne Zwang eine neue Position einnehmen kann.

1.6 Zuhilfenahme eines Headgears

An dieser Stelle soll nur einen kurzer Überblick über die Wirkungsweise eines Headgears gegeben werden, da es als therapeutische Maßnahme gemeinsam mit den oben erwähnten Apparaturen eingesetzt wird.

Der Headgear, auch Facebow genannt, dient der extraoralen, am Hinterhaupt verankerten Kraftübertragung auf Zähne, Zahngruppen oder Kieferknochen. Die Bestandteile sind der Außenbogen zur Aufnahme der Kraft und ein Innenbogen, der diese Kraft nach intraoral überträgt. Je nach Angriffspunkt der Kraft wird entweder eine Translation, eine Rotation oder beides ausgelöst. Bei einer eher geringeren Kraft (ca. 4–5 Newton) spricht man von einer orthodontischen Kraft. Sie bewirkt dentale Veränderungen die sich auf einen Umbau des Alveolarknochens beschränken. Bei größeren Kräften (um 5–10 Newton) spricht man von orthopädischen Kräften, welche in der Lage sind, knöcherne Strukturen zu beeinflussen.

Um nun die gewünschte Wirkung zu erzielen, muss sich der Behandler zwischen mehreren Möglichkeiten entscheiden. Er kann zum einen den Kraftansatzpunkt variieren, zum anderen kann er die Zugrichtung der extraoralen Kraft durch verschiedene topographische Lagen im Hinterhauptbereich wählen. Man unterscheidet:

den Nackenzug – Cervical-pull
den Horizontalzug – Horizontal-pull
den hohen Okzipitalzug – High-Pull
den Vertikalzug – Vertical-pull

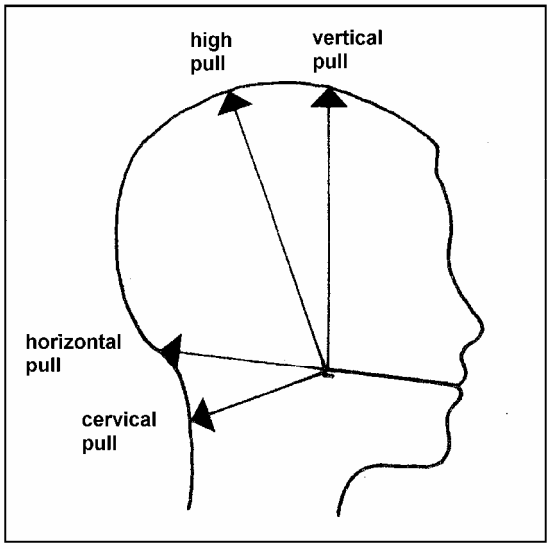


Abb. 10: Schematische Darstellung der möglichen Zugrichtungen bei der Anwendung eines Headgears (aus Posselt [76]).

Neben einer Distalbewegung kommt außer beim Horizontalzug auch noch eine vertikale Bewegung hinzu. Bei einem High-pull Headgear zum Beispiel wird der Zahn zusätzlich intrudiert, bei einem Cervical-pull beobachtet man zusätzlich eine Extrusion.

Der Grad der Rotation eines Zahnes hängt ab vom vertikalen Abstand des Kraftvektors vom Widerstandszentrum. Das heißt, dass der Zahn um so mehr rotiert, je weiter der Außenarm vom Rotationszentrum entfernt anguliert steht.

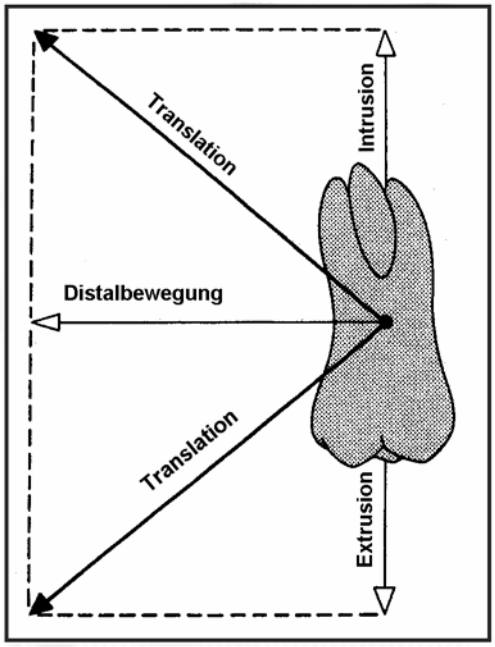


Abb. 11: Darstellung der Effekte, die eine bestimmte Kraftrichtung durch einen Headgear auf den Zahn hat (aus Posselt [76]).

Besonders bei Extraktionsfällen eignet sich der Headgear auch zur stationären Verankerung von Molaren während der Distalisierung der Eck- und Frontzähne

II. LITERATURÜBERSICHT

2.1 Allgemeine skelettale Auswirkungen extraoraler Kräfte

2.1.1 Wachstumsbeeinflussung des maxillären Komplexes durch funktionskieferorthopädische Geräte

Als BRODIE [15] 1938 aus kephalometrischen Auswertungen schloss, dass sich Korrekturen von Malokklusionen bei Erwachsenen nur auf den Processus alveolaris beschränken und keine skelettalen Veränderungen zur Folge hatten, wurde es deutlich, wie wichtig es ist, eine möglichst frühzeitige Behandlung anzustreben, noch vor Durchbruch aller bleibenden Zähne.

Der Behandler Versucht die Anteriorbewegung der Oberkieferzähne und des Oberkieferkomplexes zu reduzieren und durch Wachstumsfreigabe im Unterkiefer die Dentition in eine Klasse I Verzahnung zu führen. Dazu muss jedoch noch genügend Wachstumspotential vorhanden sein [6, 18, 43, 51, 54, 71, 72, 78, 97, 107]. Ohne den Wachstumsschub ist eine skelettale Intervention nicht möglich. Doch auch mit vorhandenem Wachstumspotential ist diese Idealvorstellung laut MERRIFIELD und CROSS [56] nicht immer zu realisieren. Beide weisen darauf hin, dass es auch unter Einsatz eines Headgears schwierig ist maxilläres Wachstum in anteriorer- und vertikaler Richtung vollständig zu stoppen und dabei noch genügend Wachstumspotential im Unterkiefer zu haben, um zu einer Klasse I Okklusion zu gelangen. Laut RICKETTS [78] und MERRIFIELD und CROSS [56] ist es unwahrscheinlich mehr als 5 mm Anteriorwachstum im Unterkiefer bei einer Klasse II zu bekommen.

Um eine Wachstumshemmung der Maxilla zu erreichen, bedient man sich extraoraler Verankerungsmethoden. RICKETTS [78] stellt in diesem Zusammenhang fest, dass die Maxilla kein starrer Körper ist. Sie kann durch retrusive Kraftanwendung an der Dentition in ihrem Anteriorwachstum inhibiert werden. WIESLANDER [106], fügt noch hinzu, dass

nicht alleine die Maxilla, sondern der gesamte Mittelgesichtskomplex in seiner Wachstumsrichtung verändert werden kann. Dies wiederum wird durch Untersuchungen von CHACONAS, CAPUTO und DAVIS [16], die durch die Rekonstruktion eines Schädels mittels fotoelastischer Materialien auf Silikonbasis die Belastungen bei extraoraler Kraftanwendung entlang der Dentition sowie an den einzelnen Suturen des Mittelgesichts visuell darstellen konnten.

Zahlreiche Autoren bestätigen, dass die Oberkieferinklination durch extraorale Kraft verändert werden kann [16, 17, 24, 28, 29, 56, 97, 106] und sind sich einig, dass durch kieferorthopädische Geräte in Kombination mit einem Headgear skelettale Okklusionsanomalien während der Wachstumsphase erfolgreich behandelt werden können. Fast alle Untersuchungen funktionskieferorthopädischer Geräte, die mit Hilfe extraoraler Kräfte in Form von Headgears durchgeführt werden [6, 21, 38, 51, 52, 68, 70], zeigen auch skelettale Veränderungen. Geringe skelettale Beeinflussung zeigt sich hingegen bei Behandlung ohne Headgear [20, 38, 42].

2.1.2 Auswirkungen funktionskieferorthopädischer Geräte auf die Mandibula

BJÖRK [13] untersuchte in seinen Implantatstudien die Wachstumsrotation des Unterkiefers. Er stellte fest, dass Anterior-, sowie Posteriorrotationen der Mandibula vorkommen. Laut BJÖRK werden dann die behandlungstechnischen Probleme größer, je stärker die genetisch bedingte Unterkieferrotation ausgeprägt ist. Erst nach genauer Wachstumsanalyse kann ein Behandlungskonzept erstellt werden.

ÖDEGAARD [66] untersuchte die Mandibularrotation in Verbindung mit kieferorthopädischer Therapie. Auch er berichtet von einer verstärkten Rotation bei Einsatz funktionskieferorthopädischer Geräte, wie auch bei festsitzenden Apparaten, die in Verbindung mit Headgears verwendet wurden. Er konstatierte, dass Therapie eher die Position der Mandibula verändert, als dass sie Einfluss auf deren Morphologie nimmt.

Auch RICKETTS [78], WIESLANDER [106] und MERRIFIELD und CROSS [56] sprechen von einer Unterkieferrotation nach kaudal distal induziert durch eine Extrusion des oberen

Molaren bei Anwendung eines zervikalen Headgears. In seiner Untersuchung über das Gesichtswachstum vor, während und nach der Behandlung berichtet CROSS [19] von der so genannten „clockwise response“. Sie beinhaltet die Behinderung der Anteriorbewegung der Spina nasalis anterior, wie sie CREEKMORE [17] beschrieb; dazu kommt die Neigungsänderung der Palatinalebene wie von WIESLANDER [106] und RICKETTS [78] erwähnt und die Posteriorrotation der Mandibula laut ÖDEGAARD [66].

Ob sich nun eine definitive Wachstumsstimulation der Mandibula durch den Einsatz funktionskieferorthopädischer Geräte hervorrufen lässt, wird nach wie vor heftig diskutiert. Einige Autoren sprechen von einer Wachstumszunahme durch Längenzunahme der Mandibula [54, 71]. Andere Autoren jedoch [32, 55, 59, ,75] stellen eine deutliche Repositionierung des Unterkiefers durch Behandlung mit der Bass-Platte [6, 21, 51], dem Aktivator [59, 104], dem Fränkel Funktionsregler [59, 84] oder der Hansa-Platte [32] fest, ohne von einer verstärkten Wachstumstendenz der Mandibula zu sprechen. Sie räumen zwar teilweise ein, dass Umbauvorgänge vor allem im Bereich der Kondylen stattfinden [55, 59, 71, 104, 106], schließen aber nicht auf ein vergrößertes Wachstumspotential. Wiederum andere, darunter auch JANSON [40, 41, 42, 43] mit ihren Veröffentlichungen über den Bioator, können hauptsächlich dento-alveoläre Veränderungen durch funktionskieferorthopädische Geräte feststellen [11, 38, 42, 59].

Tendenziell erhärtet sich die Theorie, dass sich die Mandibula durch Umbauprozesse im Bereich der Kondylen nach anterior relokalisieren lässt, immer mehr. Die Voraussetzung zu dieser Stimulation der Umbauvorgänge ist die aktive funktionskieferorthopädische Komponente bei der Repositionierung der Mandibula. In Tierversuchen, welche durch passive Verschlüsselung eine anteriore Unterkieferposition bewirkten, konnten keinen nennenswerten Umbauprozesse im kondylären Bereich festgestellt werden [55, 74]. Wurde bei den Tieren die passive durch eine aktive Komponente in Form einer veränderten Okklusionsführung oder durch funktionskieferorthopädische Geräte ersetzt, so konnte durchgehend eine Wachstumsstimulation an den Kondylen sowie eine funktionelle Verkürzung des Musculus pterygoideus lateralis verzeichnet werden [55, 96]. So sehen BASS [6], PANCHERZ [70], VARGERVIK [104] und WIESLANDER [106] den Einsatz funktionskieferorthopädische Geräte als Bedingung um eine permanente Relokalisation der Mandibula mit Gewebeadaptation herbeiführen zu können.

2.1.3 Sagittale und vertikale Auswirkungen

Durch die große interindividuelle Vielfalt bei Klasse II Patienten ist es schwierig das richtige Behandlungskonzept auszuwählen [40, 107]. Unterschiedliche Gesichtstypen werden auch unterschiedlich auf einen Behandlungsansatz reagieren. SCHUDY [86] und RICKETTS [78] beschreiben Gesichtstypen als retrognath und prognath. Charakterisiert sind die retrognathen Gesichttypen durch große Kieferbasenwinkel, einen offenen Biss und hohe schmale Symphysen. Prognathe Gesichter haben entsprechend kleine Kieferbasenwinkel, einen tiefen Biss (evtl. auch mit Einbiss), kurze, breite Symphysen und eine eher eckige Gesichtsform. In der MÜNCHENER SCHULE wird die Einteilung retrognath, orthognath und prognath verwendet. Bei SEGNER/HASUND [92] wird die Gesichtstypeneinteilung anhand des Prognathiegrades basierend auf der sagittalen Relation von Maxilla und Mandibula zur vorderen Schädelbasis vorgenommen. Als Grundlage dafür wird für die Maxilla der SNA-Winkel und für die Mandibula der SNB-Winkel herangezogen. Zur weiteren Einteilung wird in der Vertikalebene die Maxillaebene (ausgedrückt durch den Winkel NL-NSL) und die Mandibularebene (ausgedrückt durch den Winkel ML-NSL) in Relation zur vorderen Schädelbasis und das Verhältnis zwischen Mittel- und Untergesichtshöhe beschrieben (zur genauen Definition der eben angeführten Winkel siehe Kap. 4.2.2). CREEKMORE [17] verwendet bezüglich der Interbasalwinkel, also dem Winkel den die Maxilla- und die Mandibularebene einschließen, die Bezeichnung *„high-angle“* und *„low-angle“*. In seiner Studie über die Inhibition und Stimulation vertikalen Wachstums machte er folgende Beobachtungen:

„Gesichtstypen mit einem ohnehin schon großen Interbasalwinkel hatten eine weitere Tendenz zu vertikalem Wachstum. Folglich wird sich ein tiefer Biss nahezu selbstständig regulieren oder unter Umständen sogar zu einem offenen Biss tendieren. Gesichtstypen mit kleinen Interbasalwinkeln weisen wenig bis gar kein vertikales Wachstum auf. Das heißt, bei der Behandlung eines tiefen Bisses kann es zu Schwierigkeiten bei der Bissöffnung und deren Erhaltung kommen“[17].

Um eine weitere Vorstellung über das Ausmaß der Anomalie zu bekommen, geht HASUND [35] auf die Stellung der Unterkieferzähne ein. Der Achsenwinkel des unteren mittleren Schneidezahns ist, wichtig für die Stabilität des Gebisses und spielt für die

ästhetischen Verhältnisse von Gebiss und Profil eine wesentliche Rolle. Bei einem gut entwickelten Unterkiefer findet sich der untere mittlere Schneidezahn in einer nahezu rechtwinkligen Beziehung zur Sagittalebene, zumal eine positive Wechselbeziehung zwischen der unteren Schneidezahnstellung und der sagittalen Kieferbasenrelation (ANB-Winkel) besteht [12, 35, 78]. Bei therapeutischer Verkleinerung des ANB-Winkels richtet sich der untere Inzisivus auf.

RICKETTS [78] beobachtet eine Stellungsänderung des unteren mittleren Schneidezahnes bei Verwendung eines zervikalen Headgears in Bezug auf die Symphyse nach kranial und lingual. Sie ist die Folge der distalisierenden Wirkung des Headgears auf die Oberkieferdentition. MERRIFIELD und CROSS [56] erwähnen eine Protrusion der Unterkieferschneidezähne infolge der Behandlung mit einem zervikalen Headgear. Damit stehen die Autoren im Widerspruch zueinander.

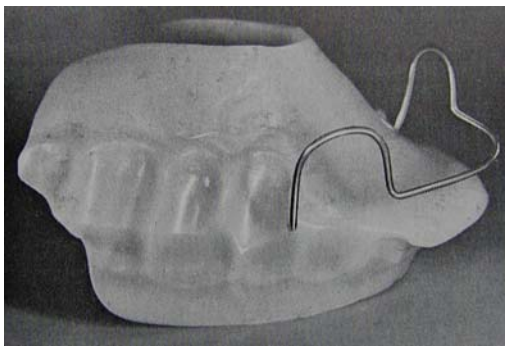
Trotz der Erkenntnis, dass orthopädische Kräfte während der Behandlung durchaus eine erwünschte Wirkung zeigen, bleiben einige Autoren skeptisch bezüglich deren Stabilität nach Behandlungsende [19, 56, 72].

2.2 Spezielle Behandlungskonzepte

2.2.1 Die Wirkung unterschiedlicher funktionskieferorthopädischer Apparaturen

In diesem Teil der Literaturübersicht sollen die unterschiedlichen Behandlungsergebnisse einiger herausnehmbarer (Aktivator, Bionator, Funktionsregler, Hansaplatte) und festsitzender (Herbst-Apparatur) funktionskieferorthopädischer Geräte diskutiert werden. Herausnehmbare Apparaturen: Durch den von Häupl eingeführten Aktivator (siehe Abbildung 12), ein an sich passiv im Mund sitzendes Gerät, wird ein Gewebeumbau durch veränderte Muskelreize der umliegenden oro-fazialen Weichgewebe bewirkt [2]. Die gesteuerte Muskelkraft soll eine erhöhte Reflexreaktion der Kaumuskulatur gegen das Gerät bewirken und so zu dento-alveolären und basalen Umbauvorgängen führen. ANDRESEN, HÄUPL und PETRIK [2] demonstrieren in mehreren Veröffentlichungen

Erfolge bei der Behandlung mit dem Aktivator, wobei besonders auf die Möglichkeit der Vorentwicklung der Mandibula durch „physiologischen Gewebeumbau“ eingegangen wird.



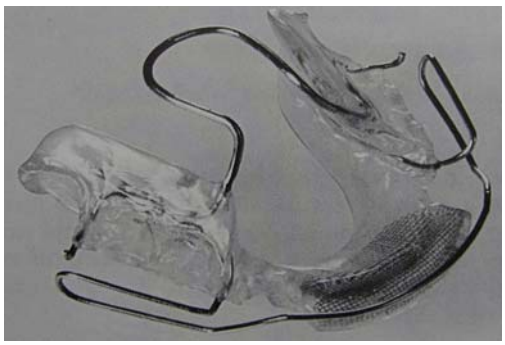


Abb. 12 und 13: Bildliche Gegenüberstellung eines Aktivators im Sinne HÄUPLS (links) und des Bionators nach BALTERS (rechts). (Beide Bilder aus ANDRESEN, HÄUPL, PETRIK [2])

Der Bionator, von BALTERS entwickelt, ist in erster Linie dazu bestimmt, Einfluss auf die Zunge und ihre Verlagerung zu nehmen (siehe Abbildung 13). Der Bionator zielt darauf ab, Muskelgruppen „umzuerziehen“. Durch eine veränderte Unterkieferlage werden Reizmomente auf die Muskelgruppen des Mundraumes ausgeübt. RUDZKI-JANSON [40, 41, 42, 43, 80] konnte bei ihren Untersuchungen zur Wirkung von Bionatoren in der Modifikation nach ASCHER [4] keine signifikanten Veränderungen der skelettalen Gegebenheiten feststellen.

Nach der Auffassung FRÄNKELS [26, 27] ist es nur vom Vestibulum oris aus möglich, auf die Lippen- und Wangenmuskulatur Einfluss zu nehmen. Daraus ergibt sich nach ASCHER [2] eine Enthemmung, Anregung und Steuerung der natürlichen Wachstumskräfte in allen drei Ebenen. Bei dem Fränkel Funktionsregler wird das Vestibulum mittels bukkalen Seitenplatten und mesialen Pelotten in die Gerätekonstruktion mit einbezogen. Zwei mesiale U-Schlaufen sorgen für den notwendigen Reiz im Mundboden, um so den Unterkiefer in einer mesialen Stellung zu halten. Die Idee, einen Reiz zur aktiven Protrusion des Unterkiefers zu setzen, übernahm BASS für seine Gerätekonstruktion.

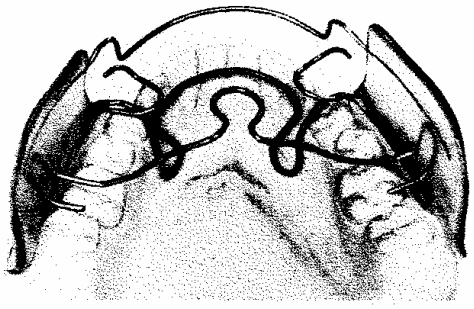


Abb. 14: Funktionsregler nach FRÄNKEL abgebildet auf einem Unterkiefermodell um dessen Sitz zu verdeutlichen (aus ASCHER [4]).

Untersuchungen von MCNAMARA [55] und RUSHFORTH [84] bestätigen einen skelettalen und dentalen Behandlungserfolg bei Anwendung des Funktionsreglers und sind sich einig, dass der Funktionsregler durch Freigabe des mandibulären Wachstumspotentials eine Harmonisierung der sagittalen und auch vertikalen Verhältnisse herbeizuführen vermag.

Festsitzende Apparaturen: Die Herbst-Apparatur gehört zu den festsitzenden funktionskieferorthopädischen Apparaturen. Sein Hauptmerkmal, der „bite-jumping“ Effekt wird durch zwei Teleskopstangen erreicht, die an den oberen ersten Molaren und den unteren Prämolaren fixiert sind.

Laut PANCHERZ [70, 71, 72] ist die Herbst-Apparatur ein sehr effektives Gerät zur Behandlung von Klasse II Anomalien, besonders wenn der Patient gerade über den Zeitpunkt des pubertären Wachstumsspurt hinaus ist, wenn die Mitarbeit eingeschränkt ist oder der Patient Mundatmung aufweist.

2.2.2 Literaturübersicht zur Bass-Platte

Die Bass-Platte wird zur Behandlung von Klasse II Anomalien eingesetzt. Ihre Vorteile liegen unter anderem in der Einsetzbarkeit im frühen Wechselgebiss, der kontinuierlichen Aktivierbarkeit und der hohen Patientenakzeptanz. Das Gerät soll das Oberkieferwachstum inhibieren und die maxilläre Dentition distalisieren. Zusätzlich können muskuläre Dysfunktionen im oro-fazial Bereich reguliert werden und eine Harmonisierung der Gesichtsentwicklung erreicht werden. Durch die Konstruktion der Unterkiefereinheit ist es möglich die Lage der Mandibula progressiv zu verändern. Die

bisherigen Untersuchungen zeigen, dass eine intermittierende Protrusion effektiver ist, als eine fest protrudierte Stellung [20, 75, 54, 96].

Besonders ausführlich haben sich neben BASS selbst, die Schweden MALMGREN [51, 52] und ÖMBLUS [67, 68] mit der Bass-Platte beschäftigt. Aber auch andere Autoren wie CURA [20, 21] oder ILLING [38] und PANCHERZ [69] interessierten sich für die Wirkungsweise dieses herausnehmbaren Gerätes. Wesentliches Unterscheidungsmerkmal bei diesem Gerät liegt in der Unterkiefereinheit, die abnehmbar in der Oberkiefereinheit, dem Kunststoffmonoblock, einrastet. (Eine genaue Beschreibung der Bass-Platte folgte in Kapitel 1.4)

Es sind sich alle Autoren einig, dass eine moderat skelettale Klasse II Anomalie mit der Bass-Platte erfolgreich behandelt werden kann [6, 20, 38, 51, 52, 67]. Dabei scheint es nach MALMGREN [52] für den Behandlungserfolg unerheblich , ob die Platte 12 Stunden oder 22 Stunden getragen wird. Nach 6 Monaten Behandlungsdauer wird die sagittale Harmonie (ANB-Winkel) durch Halten des SNA-Winkels und Vergrößerung des SNB-Winkels erreicht [51]. Unterschiede lassen sich hinsichtlich des Zeitpunktes der Behandlungsbeginns feststellen. MALMGREN [52] und PANCHERZ [70] befürworten eher einen späteren Behandlungsbeginn, der im pubertären Wachstumsschub liegt. BASS [6] jedoch setzt sein Gerät bevorzugt vor dem pubertären Wachstumsschub ein. ÖMBLUS [68] empfiehlt die Platte nur bei Patienten mit großem Overjet vor dem jugendlichen Wachstumsschub einzusetzen, ansonsten während des Wachstumsschubes.

PANCHERZ [70] zeigt in seinem Vergleich der Bass-Platte mit der Herbst-Apparatur, dass der Behandlungserfolg mit dem Herbst Gerät schneller eintritt, dagegen sind deren unerwünschte Nebenwirkungen im Unterkiefer (Proklination der unteren Inzisivi) bei der Bass-Platte zu vernachlässigen. Die sagittale Diskrepanz wird durch die schrittweise Reposition der Mandibula bei der Bass-Platte effektiver reguliert [20, 70]. Dies steht im Einklang mit den Versuchen von PETROVIC [75] und MCNAMARA [54].

III. FRAGESTELLUNG

In dieser Untersuchung wird die von Bass entwickelte funktionelle Apparatur beziehungsweise, die daraus modifizierte Platte nach der Münchner Schule, von Frau Prof. Rudzki-Janson (nachfolgend „MSR-Platte“ genannt) untersucht. Dabei soll untersucht werden, inwiefern sich basale Verhältnisse durch die MSR-Platte beeinflussen lassen.

Anhand von 26 Patienten, die mit der MSR - Platte behandelt wurden, soll die Wirksamkeit dieses funktionskieferorthopädischen Gerätes auf das skelettale Wachstum aufgezeigt werden. Die Resultate der MSR-Plattenbehandlung werden mit einer nicht behandelten Kontrollgruppe verglichen.

In dieser Untersuchung sollen auf folgende Fragen Antworten gefunden werden:

2. Beeinflusst die MSR-Platte bei heranwachsenden Patienten skelettales Wachstum und wenn ja, in welchem Ausmaß?

3. Zeigen sich Unterschiede in den basalen und dento-basalen Veränderungen bei Patienten mit MSR-Platte und der nicht behandelten Kontrollgruppe ?

IV. DATENMATERIAL UND METHODE

4.1 Datenmaterial

Für diese Studie wurden die Daten von 26 Patienten, die an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians Universität in München behandelt wurden, herangezogen.

Alle Patienten wurden zwischen 7 und 22 Monate lang mit der MSR-Platte behandelt. Die Ergebnisse wurden mit denen einer unbehandelten Kontrollgruppe verglichen. Dabei wurde jedem einzelnen Patienten der Untersuchungsgruppe ein einzelner, korrespondierender Patient der Kontrollgruppe gleichen Alters und Geschlechts zugeordnet. Kein Patient der Kontrollgruppe wurde mehreren Patienten der Untersuchungsgruppe zugeordnet.

4.1.1 Untersuchungs- und Patientengruppen

Patientengruppe 1: Die MSR-Gruppe

Diese Untersuchungsgruppe bestand ursprünglich aus 28 Patienten (18 Jungen und 10 Mädchen), die im Alter zwischen 7 und 14 Jahren ca. ein Jahr lang mit einer MSR-Platte behandelt wurden (siehe Tab. 1 nächste Seite). Davon schieden zwei Jungen wegen mangelnder Compliance aus. Alle Patienten wurden zwischen 1994 und 1998 unter Aufsicht von Frau Prof. Dr. Rudzki-Janson behandelt. Jeder Patient hatte zu Behandlungsbeginn (Zeitpunkt t1) eine Angle Klasse II Malokklusion. 21 Patienten wiesen eine Klasse II/1 und 5 eine Klasse II/2 Anomalie auf. Die Behandlung wurde entweder mit einer Multibandtherapie oder einem Positioner fortgesetzt.

Keiner der Patienten aus der MSR-Gruppe zeigte Aplasien, Zahnüberzahlen oder Zahndeformitäten. Bei 5 Patienten mussten aus therapeutischen Gründen Zähne extrahiert

werden. Die Behandlung mit der MSR-Platte wurde bei allen Patienten in Verbindung mit einem high-pull Headgear durchgeführt. 17 Patienten zeigten einen orthognathen, 9 einen retrognathen Gesichtstyp. Das endgültige Behandlungsziel wurde während der Beobachtungszeit nicht erreicht.

	MSR-Gruppe		Bolton-Guppe	
Geschlechts-verteilung:	Männlich	Weiblich	Männlich	Weiblich
	16	10	16	10
Malokklusion:	Klasse II/1	Klasse II/2	Klasse II/1	Klasse II/2
	21	5	19	7
Extraktionen:	Ex-Kasus	Non Ex-Kasus	Ex-Kasus	Non Ex-Kasus
	5	21	k.A.	k.A.
Gesichtstyp:	orthognath	retrognath	orthognath	retrognath
	17	9	18	8

Tab. 1: Tabellarische Verdeutlichung der verschiedenen Parameter innerhalb der MSR-Untersuchungsgruppe und der Bolton- Kontrollgruppe (k.A.= keine Angabe)

Untersuchungsgruppe 2: Die Kontrollgruppe (Bolton-Gruppe)

Als Kontrollgruppe dienen die Daten unbehandelter Patienten aus der Bolton-Brush Growth Study, Cleveland/Ohio, USA. Es wurde versucht eine möglichst genaue Übereinstimmung bezüglich Alter Geschlecht und Malokklusion herzustellen. Detailliertere Ansichten sind in Tabelle 1 und 2 verdeutlicht.

	MSR-Gruppe		**Bolton-Gruppe**	
	Mittelwert	Standardfehler	Mittelwert	Standardfehler
Alter t1	10,2	1,9	10,2	1,9
Alter t2	11,4	1,9	11,5	1,7
Gesamtdauer	1,2	0,2	1,3	0,5

Tab 2: Alterskorrespondenzen zwischen der MSR Untersuchungsgruppe und der Bolton Kontrollgruppe

Die Altersverteilung beider Untersuchungsgruppen sind in den Abbildungen 15 und 16 graphisch dargestellt. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes lag für beide Gruppen bei 10,1 Jahren. Zum Zeitpunkt des Endbefundes waren die Patienten der MSR-Gruppe durchschnittlich 11,3 Jahre und die der Bolton-Gruppe 11,4 Jahre alt.

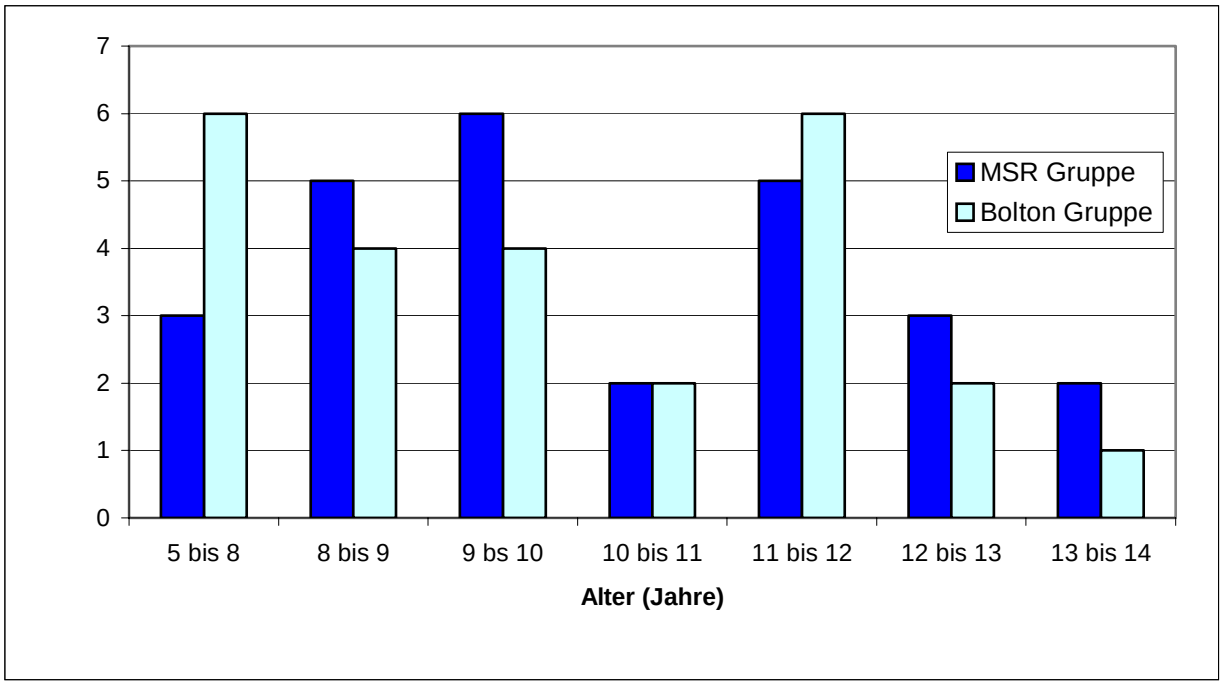


Abb. 15: Altersverteilung der Patienten der beiden Untersuchungsgruppen zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes

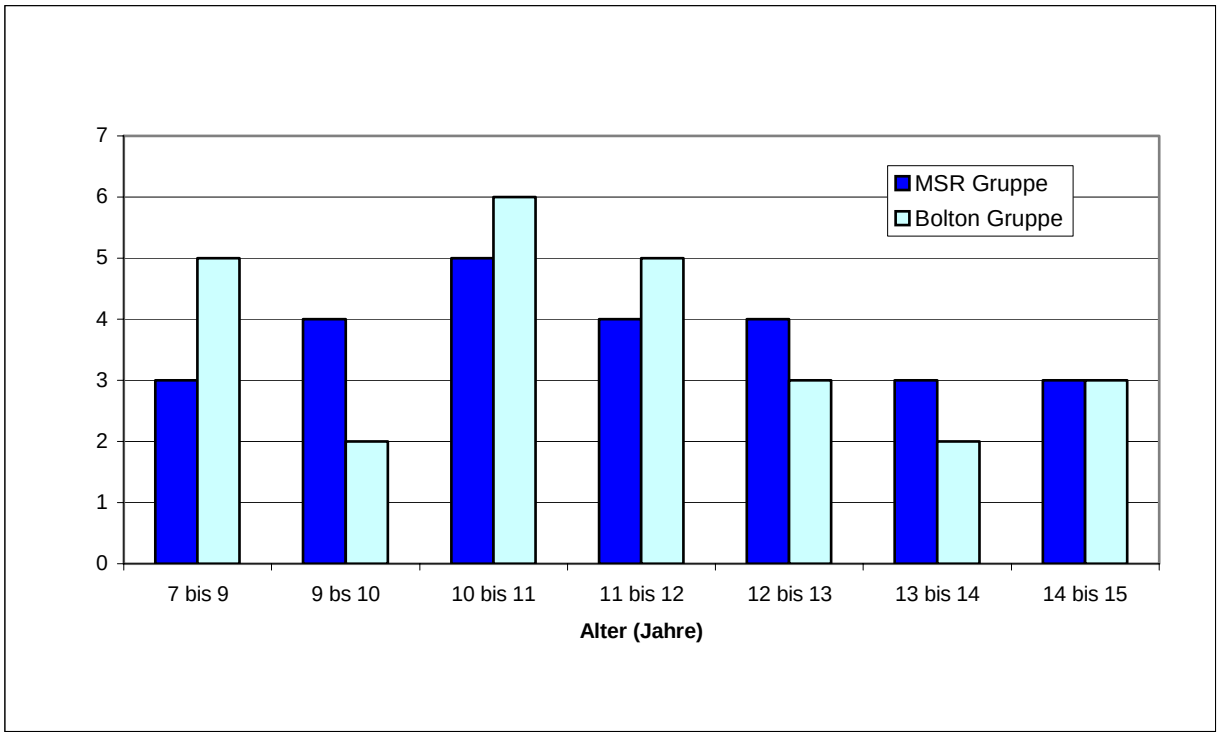


Abb. 16: Altersverteilung der Patienten der beiden Untersuchungsgruppen zum Zeitpunkt des Endbefundes

In Abbildung 17 wird ein graphischer Überblick über die Klassifikation der basalen Kieferrelation und in Abbildung 18 einer über die Gesichtstypen innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen gegeben.

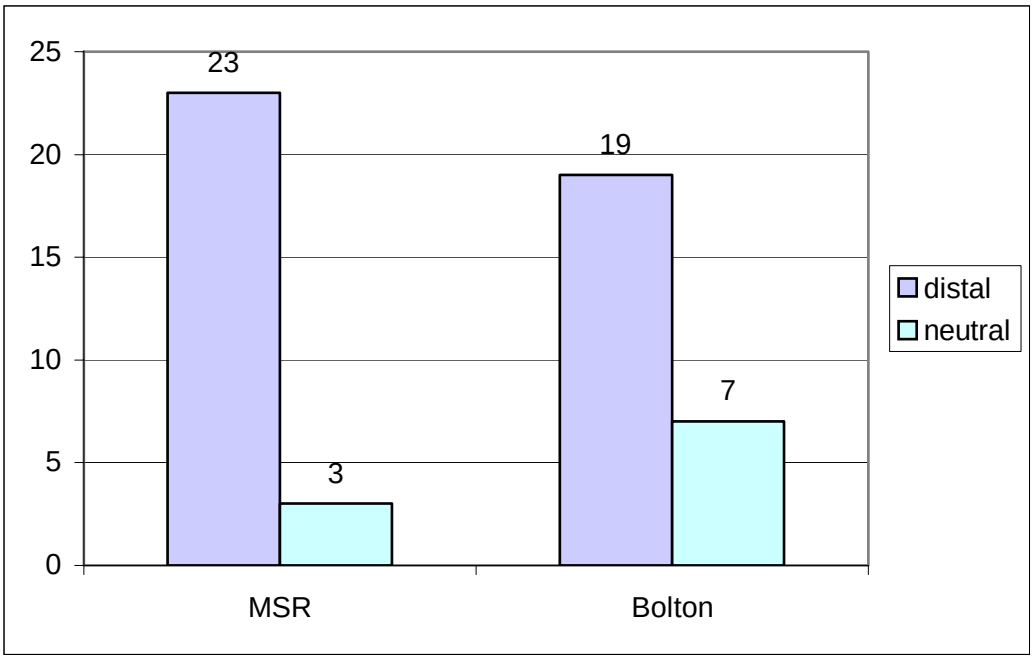


Abb. 17: Klassifikation der basalen Kieferrelation der MSR-Gruppe und der Bolton-Gruppe

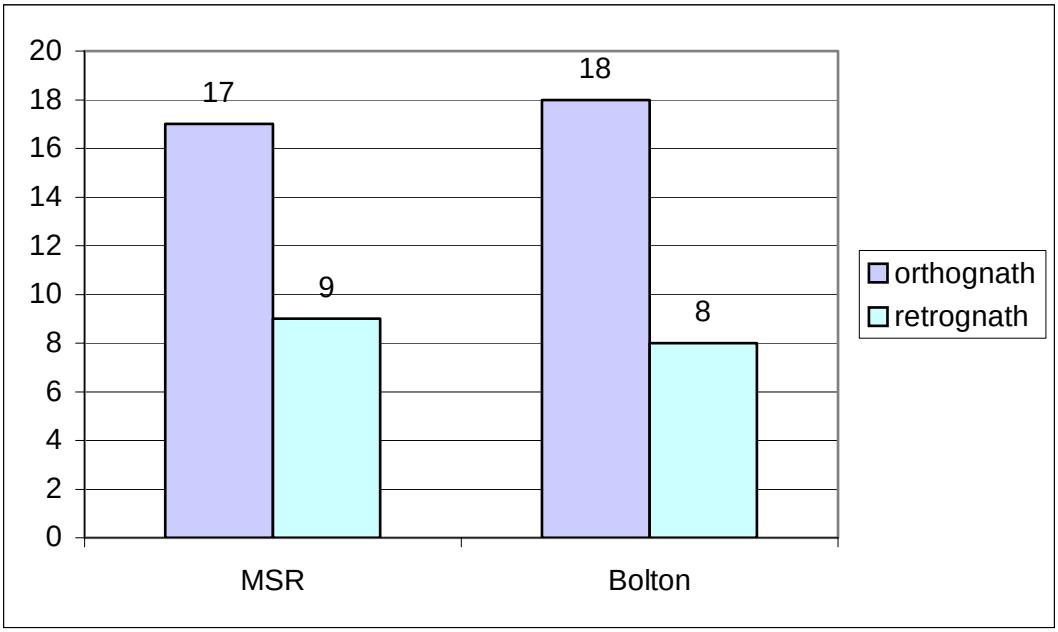


Abb. 18: Verteilung der Gesichtstypen orthognath und retrognath der MSR-Gruppe und der Bolton Untersuchungsgruppe.

4.1.2 Fernröntgenseitenbilder

Zur Gewinnung der Patientendaten wurden die vorhandenen Fernröntgenseitenbilder aus den jeweiligen Patientenkarteien verwendet.
Für jeden Patienten wurden zwei Fernröntgenseitenbilder vermessen:

Anfangsbild (t1) – FRS-Bild vor Beginn der Behandlung mit der MSR-Platte
Endbild (t2) – FRS-Bild am Ende der Behandlung mit der MSR-Platte

Der zeitliche Abstand der Aufnahmen betrug ca. ein Jahr und sie wurden so gewählt, dass sie mit dem Zeitabstand der Aufnahmen aus der Bolton-Brush Growth Study weitgehend übereinstimmt. Genaue Tabellen hierzu befinden sich in Anhang A. Die jeweiligen Altersangaben entsprechen dem Zeitpunkt der Röntgenaufnahmen.

4.2 Methode

4.2.1 Röntgenaufnahmetechnik

Bei dem verwendeten Fernröntgengerät handelt es sich um ein Orthophos C der Firma Siemens. Alle Patienten wurden mit diesem Gerät bei einem Abstand von 1.80 m, stehend, mit einer Belichtungszeit von 0.5 Sekunden, 15 mA und 73kV auf Kodak Film mit Weichteilfilter geröntgt. Die ausgewählten Fernröntgenseitenbilder wurden jeweils direkt vor Behandlungsbeginn und nach einem Jahr Tragedauer aufgenommen.

4.2.2 Kephalometrie

Die Röntgenbilder wurden zunächst in standardisierter Orientierung auf Azetatfolie durchgezeichnet. Zum Festlegen der Fixierung wurde zunächst der Nasion-Punkt in einer Ausrichtung von 8 cm vom oberen Rand und 6 cm vom rechten Rand der Folie markiert.
Danach wurde parallel zum oberen Folienrand und durch den Nasion-Punkt eine Linie gezogen. Sie stellt später die Sella-Nasion-Linie dar. Nun wurde die Folie so lange aufdem Röntgenbild verschoben, bis der auf der Folie markierte Nasion-Punkt mit dem auf dem Röntgenfilm in Deckung gebracht werden konnte *und* die Linie auch durch den Sella-Punkt ging. Ein Verrutschen des Röntgenbildes wurde durch das Anbringen eines Klebestreifens an den oberen Ecken der Folie verhindert. Dennoch war es möglich, die Folie so abzuheben, dass ein bestimmter Punkt auf dem Röntgenbild genauer beurteilt werden konnte.

Zusätzlich wurden die Durchzeichnungen im Computer mit Hilfe des Wingberg Programms *Diagnosehelfer!Plus* digitalisiert.

Hardwarekomponenten bei diesem auf MSDOS - Basis laufenden Programms sind:
Ein Digitizer - Accugrid 3030TL mit Stift von Numonics.

Der Digitizer erfasst die Position eines beweglichen Fadenkreuzes (in unserem Fall war es ein elektronischer Stift) als ein Zahlenwert auf dem X- und Y- Koordinatensystem der Digitalisierfläche. Auch beim Digitizer ist es wichtig die Röntgenbilder auf der Digitalisierfläche zu fixieren, da ein Verrutschen der Folie zu erheblichen Messfehlern führen kann.

Die nachfolgend beschriebenen Referenzpunkte/-linien und -winkel werden zusätzlich in den Abbildungen 13-15 graphisch verdeutlicht:

4.2.2.1 Skelettale Referenzpunkte (siehe Abb. 19)

S Sella – Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica in der Median-Sagittal-Ebene.

N Nasion – anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis in der Median-Sagittal-Ebene.

A A-Punkt (Maxilla-Apikalpunkt) – tiefster Punkt der anterioren Kontur des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene. Er entspricht dem anthropologischen Punkt Subnasale, der im angelsächsischen Schrifttum oft verwendet wird.

B B-Punkt (Mandibula-Apikalpunkt) – tiefster Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene. Die anthropologische Bezeichnung ist Supramentale.

Pg Pogonion – der am weitesten anterior gelegene Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene.

Sp Spina nasalis anterior – der am weitesten ventral gelegene Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior. Er liegt in der Median-Sagittal-Ebene.

Pm Pterygomaxillare – der im seitlichen Fernröntgenbild erscheinende Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Corpus maxillae mit der Kontur des harten bzw. weichen Gaumens.

Ar Artikulare – Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae. Es handelt sich um einen konstruierten Punkt, der nur im Profilröntgenbild zu sehen ist.

K Kondylus cranial – cranialster Punkt des Caput mandibulae.

P Porion – Der am weitesten cranial gelegene Punkt des Porus acusticus externus.

Ba Basion – der am weitesten posterior und caudal gelegene Punkt des Clivus in der Median-Sagittal-Ebene.

Tga Ramus-Tangenten-Punkt - ausgehend vom Artikulare die Tangente angelegt an die dorsale Wölbung des Kieferwinkels.

Tgh horizontaler Unterkieferast – hierbei handelt es sich um einen Punkt an der caudalen Auswölbung des Kieferwinkels. Die genaue Lage wird gefunden, indem eine Linie ausgehend vom Gnathion-Punkt (siehe unten) als Tangente an diese untere Auswölbung gelegt wird. Der Berührungspunkt ist der zu markierende Punkt.

Gn Gnathion – kaudalster Punkt der Unterkiefersymphyse in der Median-Sagittal-Ebene.

4.2.2.2 Konstruierte Punkte (siehe auch Abb.20)

tgo der Schnittpunkt der Verbindungslinien Ar-Tga und Gn-Tgh.

Sp´ Es handelt sich um einen konstruierten Punkt. Er ist der Schnittpunkt der Linien Spina-Pterygomaxillare und Nasion-Gnathion (siehe unten).

4.2.2.3 Dentale Referenzpunkte (siehe auch Abb.21)

is Inzisivus superius - der am weitesten inzisal gelegene Punkt des am weitesten anterior stehenden oberen mittleren Schneidezahns.

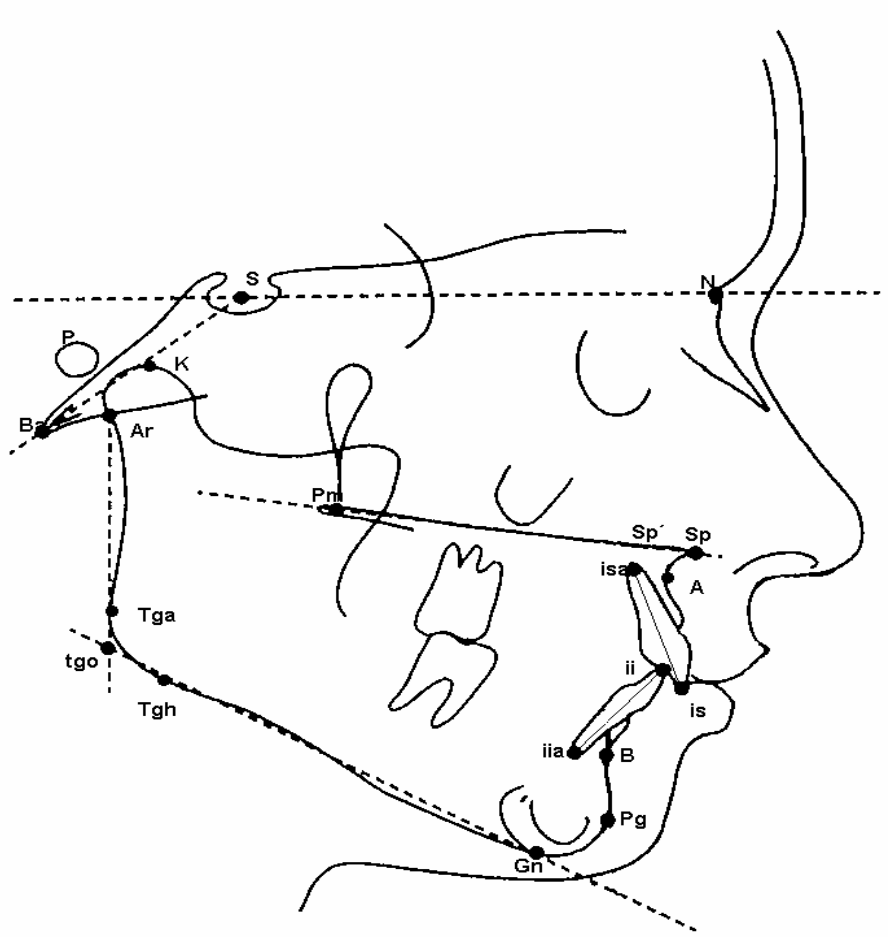


Abb 19: Darstellung skelettaler Referenzpunkte (und Winkel)

isa Inzisivus superior apicale – der apikalste Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden oberen mittleren Schneidezahnes.

iia Inzisivus inferius apicale – der apikalste Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden mittleren Unterkiefer-Schneidezahnes.

ii Inzisivus inferius – der am weitesten inzisal gelegene Punkt des am weitesten anterior stehenden unteren mittleren Schneidezahns.

4.2.2.4 Referenzlinien (mm) (siehe Abb.19 und Abb.20)

NSL Schädelbasislinie – Verbindungslinie von Sella und Nasion. Sie charakterisiert die anteriore Schädelbasis, die kranial vor dem Gesichtsschädel liegt.

NL Nasallinie – Verbindungslinie von Pm und Sp. Sie charakterisiert die Oberkieferbasis.

ML Mandibularlinie – Verbindungslinie von Gn und Tgh. Sie stellt die Unterkieferbasis dar.

NA Nasion-Maxillalinie – Verbindungslinie der Punkte N und A. Sie charakterisiert die ventrale Begrenzung des zahntragenden Oberkieferknochens.

NB Nasion-Mandibularlinie – Verbindungslinie der Punkte N und B. Sie charakterisiert die ventrale Begrenzung des zahntragenden Unterkieferknochens.

NPg Nasion-Pogonionlinie - Verbindungslinie der Punkte N und Pg . Sie stellt die ventrale Begrenzung des Unterkieferkörpers mit der Symphyse dar.

Ar-tgo Tangentenlinie am Ramus ascendens. Ar-tgo charakterisiert die posteriore Begrenzung des Unterkieferkörpers.

SBa Sella-Basion-Linie – Verbindung der Punkte S und Ba. Sie charakterisiert die dorsal-kraniale Begrenzung des knöchernen Gesichtsschädels durch die anteriore Schädelbasis.

PgNB Pogonion Prominenz - Lotrechte Verbindung vom Pg-Punkt zur NB-Linie.

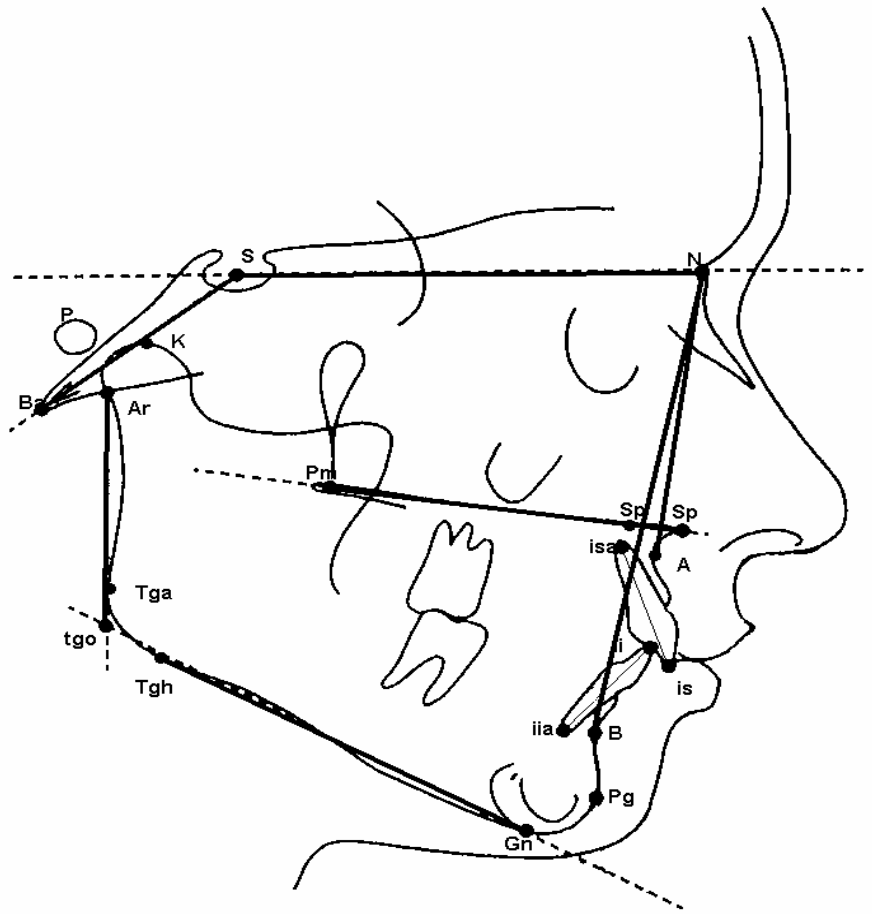


Abb 20: Darstellung kephalometrischer Referenzlinien (und Winkel)

4.2.2.5 Referenzwinkel (°)

Aus Übersichlichkeitsründen wird für die Winkeldarstellung keine eigene Abbildung dargestellt. Die einzelnen Winkel sind der zum besseren Verständnis den Abbildungen 19-21 zu entnehmen.

SNA Prognathiegradwinkel der Maxilla - Er ist Ausdruck der anterior-posterioren Postition des A-Punktes in Relation zur anterioren Schädelbasis in Form von NSL (NSL ist die Verbindungslinie zwischen Sella-Punkt und Nasion-Punkt).

SNB Prognathiegradwinkel der Mandibula – er beschreibt die anterior-posteriore Position der Mandibula in Relation zur anterioren Schädelbasis. Er entspricht dem SNA-Winkel im Oberkiefer.

ANB Sagittaler Interbasalwinkel – er ist Ausdruck der sagittalen Position der Maxilla in Relation zur Mandibula. Aufgrund von geometrischen Zusammenhängen muss der ANB-Winkel in Zusammenhang mit dem Prognathiegrad der Kiefer gesehen werden. Ein retrognathes Gesicht zum Beispiel wird bei gleicher Kieferrelation einen kleineren ANB-Winkel aufweisen, als ein prognathes Gesicht.

SNPg Pogonionwinkel – Er gibt ähnlich wie der SNB-Winkel einen Hinweis auf die sagittale Position der Mandibula. Aus der Differenz zwischen SNB und SNPg kann man eine Aussage über das Ausmaß des knöchernen Kinnvorsprungs und über die Stellung der Unterkieferzähne treffen.

NSBa Schädelbasiswinkel – Er beschreibt die Abknickung der Schädelbasis und damit die Relation des Clivus zur anterioren Schädelbasis.

Gn-tgo-Ar Kieferwinkel – Der Kieferwinkel beschreibt die Relation des Corpus zum Ramus mandibulae und ist damit Ausdruck der Unterkieferform.

NL-NSL Inklinationsgradwinkel der Maxilla – Er drückt den Neigungsgrad der Maxilla in Bezug auf die anteriore Schädelbasis aus. Dabei ist NL die Nasallinie, die durch die Punkte Pterygomaxillare und Spina nasalis anterior bestimmt wird.

ML-NSL Inklinationsgradwinkel der Mandibula – Er drückt die Neigung der Mandibula in Bezug auf die vordere Schädelbasis aus. ML ist die Mandibularlinie, die als Referenzlinie für den Corpus mandibulae gilt.

OK1-UK1 Interinzisalwinkel – Er beschreibt die Stellung der oberen und unteren Schneidezähne zueinander in Bezug auf ihre labio-linguale Achsneigung.

OK1-NA Achsenneigungswinkel der Oberkiefer Inzisivi – hiermit wird die Stellung der oberen Schneidezähne zur Basis der Maxilla in anterior-posteriorer Richtung

beurteilt. Diese Beziehung kann sowohl als Winkel, als auch als Strecke (in Millimetern) angegeben werden.

UK1-NB Achsenneigungswinkel der Unterkiefer Inzisivi – beschreibt die Stellung der unteren Inzisivi zur Mandibula in anterior-posteriorer Richtung. Auch hier wird die Distanz zwischen UK1 und NB-Linie zusätzlich in Millimetern angegeben.

4.2.2.6 Skelettale und dento-basale Streckenmessungen (siehe auch Abb. 21)

OK1-NA Achsenneigung der Oberkiefer Inzisivi – hiermit wird die Stellung der oberen Schneidezähne zur Basis der Maxilla in anterior-posteriorer Richtung in Millimetern beurteilt. Diese Beziehung wird auch als Winkel angegeben.

UK1-NB Achsenneigung der Unterkiefer Inzisivi – beschreibt die Stellung der unteren Inzisivi zur Mandibula in anterior-posteriorer Richtung, ebenfalls in Millimetern. Auch hier wird die Beziehung zwischen UK1 und NB-Linie zusätzlich als Winkel angegeben.

N-Sp´ Obere knöcherne Gesichtshöhe – Gemessen wird die Distanz zwischen den Punkten N und Sp´.

Sp´-Gn Untere knöcherne Gesichtshöhe – Es wird der vertikale Abstand von Sp´ zu Gn gemessen.

Index Der Index der vorderen Gesichtshöhe drückt die Beziehung zwischen der oberen und unteren knöchernen Gesichtshöhe aus. Es ist der Quotient aus den Streckenwerten von N-Sp´ und Sp´-Gn.

Pg-NB Größe der Kinnprominenz – Diese Messung wird in Relation zur sagittalen Position der mittleren unteren Inzisivi durchgeführt.

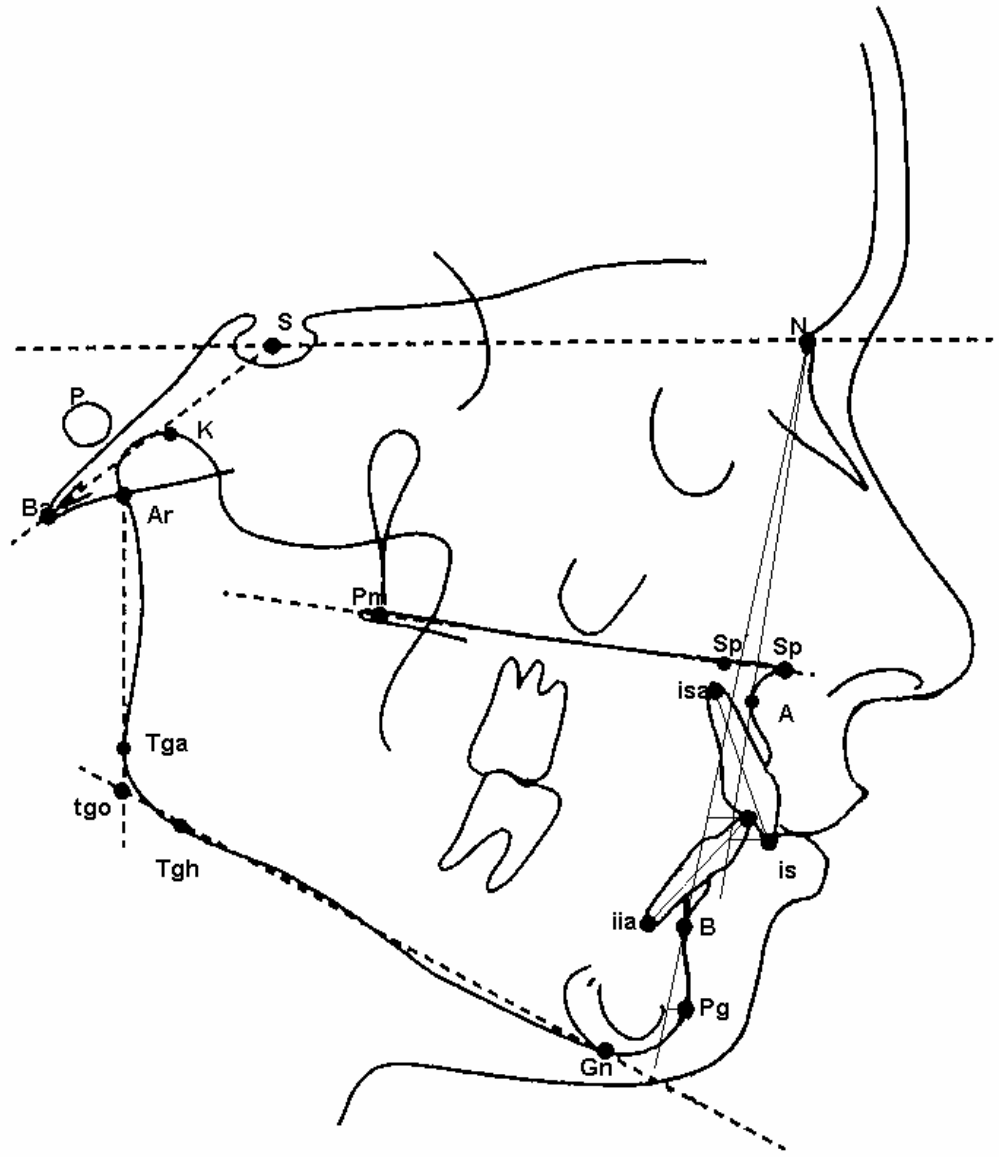


Abb. 21: Darstellung der skelettalen und dento-basalen Streckenmessungen (und Winkel)

4.2.6 Methodik der statistischen Analyse

In der vorliegenden Untersuchung war es von besonderem Interesse, den Unterschied zwischen unbeeinflusstem und beeinflusstem Wachstum aufzuzeigen. Diese Unterschiede können als Wirkung der MSR-Platte gedeutet werden. Es handelt sich dabei um Veränderungen, die ohne funktionskieferorthopädische Behandlung nicht aufgetreten wären.

Zur Untersuchung dieser Frage werden die Mittelwerte der gebildeten Differenzen zwischen den beiden Zeitpunkten (Anfangs- und Endbefund) voneinander subtrahiert. Durch diese Differenzen bekommt man eine Einschätzung über die Wirkung der MSR-Platte.

Die Untersuchung signifikanter skelettaler Beeinflussung durch diese funktionskieferorthopädische Behandlung erfolgt in einem Student t-Test. Zeigt der t-Test Signifikanz ($p<0.05$), so kann von einer gesicherten Wirkung ausgegangen werden, die auf die MSR-Platte zurückzuführen ist.

Aufgrund einer eventuell auftretenden Messstreuung bei der Durchzeichnung der Fernröntgenseitenbilder, wurden diese ein halbes Jahr nach dem ersten einem zweiten Messdurchgang unterzogen. Zur Erlangung möglichst genauer Messwerte wurden zwischen erster und zweiter Messung die Mittelwerte gebildet. Diese Mittelwerte wurden sodann als gültige Messwerte für die mit der MSR-Platte behandelten Patienten verwendet. Aus diesen Messwerten wurden auch die Differenzen zwischen Anfangs- und Endbefund gebildet, welche dann in den t-Test eingehen sollten.

Da der Student t-Test für seine Aussagekraft eine Normalverteilung voraussetzt, wurden die einzelnen Parameter der beiden Gruppen auf Normalverteilung untersucht. Dies geschah mit Hilfe der Populationskenngrößen, bzw. der vergleichenden Betrachtung der Mittelwerte mit dem Medianwert und der Betrachtung der Schiefe der Kurve. Ist die Differenz zwischen Mittelwert und Median gleich 0, so besteht eine ideale Normalverteilung. Je näher der Wert für die Schiefe an 0 liegt, desto idealer die Normalverteilung. Die genauen Werte und deren Verteilungen finden sich in Anhang A.

Um entscheiden zu können, welcher t-Test in dem vorliegenden Fall Anwendung findet, müssen die Gruppen noch auf Varianzhomogenität geprüft werden. Rechnerisch kann das durch den sogenannten F-Test ermittelt werden. Bei einem resultierenden p-value >0,05 ist der Unterschied nicht signifikant und es kann von einer Homogenität der Varianzen ausgegangen werden. Zur grafischen Darstellung der Homogenität wurde das 95 % Konfidenzintervall herangezogen. In Fehlerbalken-Diagrammen werden die Differenzen der verschiedenen Parameter beider Gruppen gegenübergestellt. Bei Nichtüberlappen der Balken besteht keine Homogenität der Variablen mehr. Als Beispiel ist ein solches Diagramm in Abbildung 22 dargestellt. Eine vollständige Auflistung der Fehlerbalken-Diagramme befindet sich in Anhang B.

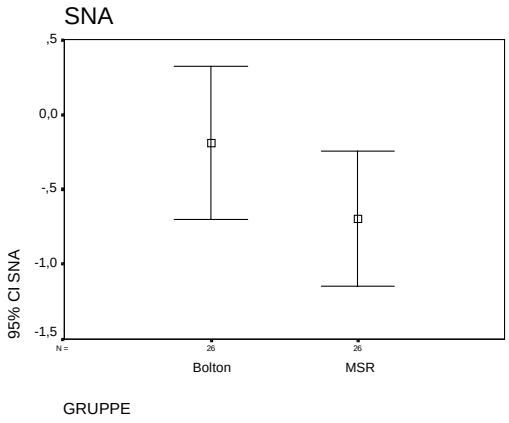


Abb. 22: Fehlerbalkendiagramm des Wertes SNA zur Darstellung der Homogenität der Untersuchungsgruppen

V. ERGEBNISSE

5.1 Beschreibung der gemessenen kephalometrischen Werte:

Mittelwerte und Standardabweichungen (Anhang C)

Die kieferorthopädische Relevanz der vorliegenden arithmetischen Mittelwerte ($\bar{x}$) basiert im Folgenden auf den von SEGNER und HASUND [92] angegebenen Prinzipien für die kephalometrische Analyse. Es werden für jede Gruppe die Mittelwerte und die Streuungswerte zu jedem Zeitpunkt (Anfangs- und Endbefund) in ihrer Bedeutung für die kieferorthopädische Diagnose beschrieben. Alle Ergebnisse können nochmals in tabellarischer Form dem Anhang C und der Tabelle 4 entnommen werden, sowie in graphischer Form nach jeder Gruppenauswertung (siehe S. 58 und S. 63)

5.1.1 Patientengruppe 1: Die MSR-Gruppe

5.1.1.1 Skelettale Aussagen der FRS- Parameter zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes

A) Bestimmung des Gesichtstyps

Prognathiegrad:
Die untersuchte MSR-Gruppe zeigte im Anfangsbefund für den maxillären SNA-Winkel einen Mittelwert von $\bar{x}$ = 80°. Die Standarddeviation (s) betrug 3,3°. Für den mandibulären SNB-Winkel ergab sich ein Mittelwert von $\bar{x}$ = 75,1°. Hier lag eine Standarddeviation von 3,4° vor. Somit liegt der Oberkiefer im Bereich des orthognathen Prognathiegrades. Der Unterkiefer liegt deutlich retrognath.

Inklinationsgrad:
Zu Beginn der Untersuchungen wies der Inklinationsgrad der Maxilla, ausgedrückt durch den NL-NSL-Winkel einen Mittelwert von $\bar{x}$= 7,3° (s = 2,8°) auf. Damit liegt die Oberkieferinklination anterior zum Prognathiegrad. Für die Unterkieferinklination wurde

der ML-NSL-Winkel mit einem Mittelwert von $\bar{x}$ = 33,9° (s = 4,3°) erfasst. Es besteht eine neutrale Neigung zum Prognathiegrad der Mandibula.
Fazit: Die Patientengruppe bewegt sich im Bereich eines orthognathen, leicht disharmonischen Gesichtstyps mit einer anterioren Inklination der Maxilla. Die Mandibula liegt im Verhältnis zum Oberkieferprognathiegrad retrognath, die Inklination befindet sich posterior. Sagittale Position und vertikale Neigung im Unterkiefer passen jedoch harmonisch gut zusammen.

B) Basale Relation

Sagittal:
Die sagittale interbasale Lagebeziehung der Maxilla und Mandibula wird durch den ANB-Winkel charakterisiert. Er zeigte einen Mittelwert von $\bar{x}$ = 5,2° bei einer Standarddeviation von s = 1,9° und ist damit einer distalen Relation zuzuordnen.
Die sagittale Prominenz der Mandibula wird unter anderem durch den PgNB-Wert ausgedrückt. In der MSR-Gruppe zeigt sich ein Mittelwert von $\bar{x}$ = 1,8 mm (s = 1,7 mm). Dieser Wert charakterisiert eine ausgewogene Prominenz des Pogonions.

Vertikal:
Für die anteriore Gesichtshöhe, welche durch den Index (Quotient aus den Strecken N-Sp´ und Sp´-Gn) beschrieben wird, wurde ein Mittelwert von $\bar{x}$ = 83,8 % (s = 6,4 %) festgestellt. Die Patientengruppe liegt im neutralen Bereich.
Der Mittelwert für den Interbasalwinkel ML-NL beträgt $\bar{x}$ = 26,5° (s = 4,9°). Der Interbasalwinkel ist tendenziell zu groß.

Fazit: Es kann trotz großen Interbasalwinkels dennoch von einer neutralen (N2) Relation mit Tendenz zum „high angle case“ ausgegangen werden.

C) Schädelbasis

Der NSBa-Winkel, der den Abknickungsgrad der Schädelbasis beschreibt, beträgt im Mittelwert $\bar{x}$ = 131,8° bei einer Standarddeviation von s = 5,1. Sie ist somit dem orthognathen Gesichtstyp zuzuordnen.

5.1.1.2 Skelettale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Endbefundes

A) Bestimmung des Gesichtstyps

Prognathiegrad:
Zum Zeitpunkt des Endbefundes, das heißt am Ende des Beobachtungszeitraumes, ergibt der maxilläre SNA-Winkel einen Mittelwert von $\bar{x}$ = 79,6° bei einer Standarddeviation von s = 3,3°. Der Wert liegt gerade noch im orthognathen Bereich mit einer leichten Tendenz zum retrognathen Prognathiegrad. Der Prognathiegrad der Maxilla verringerte sich während des Beobachtungszeitraumes um 0,7°. Der mandibuläre SNB-Winkel liegt mit $\bar{x}$ = 75,1° (s = 3,6°) weiterhin im Bereich eines retrognathen Gesichtstypen und hat sich um durchschnittlich 0,05° vergrößert.

Inklinationsgrad:
Es zeigt sich eine minimal anteriore Neigung der Maxilla zum Prognathiegrad. Der NL-NSL Wert vergrößerte sich um 0,8° und lag schließlich bei $\bar{x}$ = 8,1° (s = 2,4°). Die Inklination der Mandibula weist für den Wert ML-NSL $\bar{x}$ = 33,8° (s = 4,3°) eine weiterhin ausgewogene Neigung zum Prognathiegrad der Mandibula auf. Er hat sich geringfügig um 0,1° verkleinert.

Fazit: Zum Zeitpunkt des Endbefundes lag ein orthognather, nahezu harmonischer Gesichtstyp mit ausgewogener Inklination der Maxilla und posteriorer Neigung der Mandibula vor. Nach wie vor harmonieren die sagittale und vertikale Position der Mandibula.

B) Basale Relation

Sagittal:
Der ANB-Winkel lag am Ende der Untersuchung im Mittelwert bei $\bar{x}$ = 4,4° (s = 1,8°). Das bedeutet eine Verringerung um 0,7° und charakterisiert eine weiterhin distale Kieferbasenrelation.

Die Kinnprominenz, durch den PgNB (mm) beschrieben, zeigte den Mittelwert $\bar{x}$ = 2 mm (s = 1,8 mm). Es besteht eine moderate Prominenz des Pogonions mit einer Vergrößerung um 0,2 mm im Vergleich zum Anfangsbefund.

Vertikal:
Für die vordere Gesichtshöhe ergab sich durch den Index mit $\bar{x}$ = 86 % (s = 7,4 %) eine neutrale basale Relation der mittleren zur unteren Gesichtshöhe. Es wird eine Veränderung um 2,1 % registriert.

Die posteriore Gesichtshöhe ergibt für den Wert ML-NL mit $\bar{x}$ = 25,6° (s = 4,6°) eine Verkleinerung um 0,9° und damit einen Interbasalwinkel, der in Bezug zum Prognathiegrad noch etwas zu groß bleibt.

Fazit: Damit kann man eine basal vertikal neutrale (N2) Relation der anterioren Gesichtshöhe mit Tendenz zum offenen Biss annehmen.

C) Schädelbasis

Der Winkel NSBa, mit dem Mittelwert $\bar{x}$ = 131,9° (s = 4,9°), beschreibt im Endbefund eine Abknickung der Schädelbasis, die sich um 0,1° vergrößert hat. Sie liegt demnach noch im Bereich des orthognathen Gesichtstyps.

5.1.1.3 Dentale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Anfangs- und Endbefundes

Die Stellung der oberen Inzisiven wird durch die Streckenmessung von OK1 zur NA-Linie herangezogen. Man kann auf diese Weise die Stellung der Inzisiven zur Basis der Maxilla in sagittaler Richtung beurteilen. Bei der untersuchten Patientengruppe wurde zum Anfangszeitpunkt für OK1-NA ein Mittelwert von $\bar{x}$ = 3,4 mm mit einer Standardabweichung von s = 2,3 mm festgestellt. Zum Ende des Behandlungszeitraumes stand der obere Schneidezahn bei einem Mittelwert von $\bar{x}$ = 2,8 mm (s = 1,9 mm), d.h., er wurde um 0,6 mm retrudiert.

Die Stellung der unteren Inzisiven wird durch die Strecke UK1 zu N-Linie beschrieben. Zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes zeigt sich für den Wert UK1-NB ein mittlerer Abstand von $\bar{x}$ = 4,4 mm (s = 1,7 mm). Beim unteren Schneidezahn verkleinerte sich die Strecke UK1-NB auf $\bar{x}$ = 3,9 mm (s = 2 mm). Somit fand eine Retrusion von 0,4 mm statt.

Der Interinzisalwinkel wird weiterhin zur Beurteilung der Schneidezahnstellung herangezogen. Er betrug anfangs für den Wert OK1-UK1 im Mittel $\bar{x}$= 125,2° (s = 9,2°). Zum Ende der Beobachtungszeit stand der Mittelwert für OK1-UK1 bei $\bar{x}$ = 128,3° und einer Standardabweichung von s = 8,4°. Es handelt sich hierbei um eine Vergrößerung von 3°.

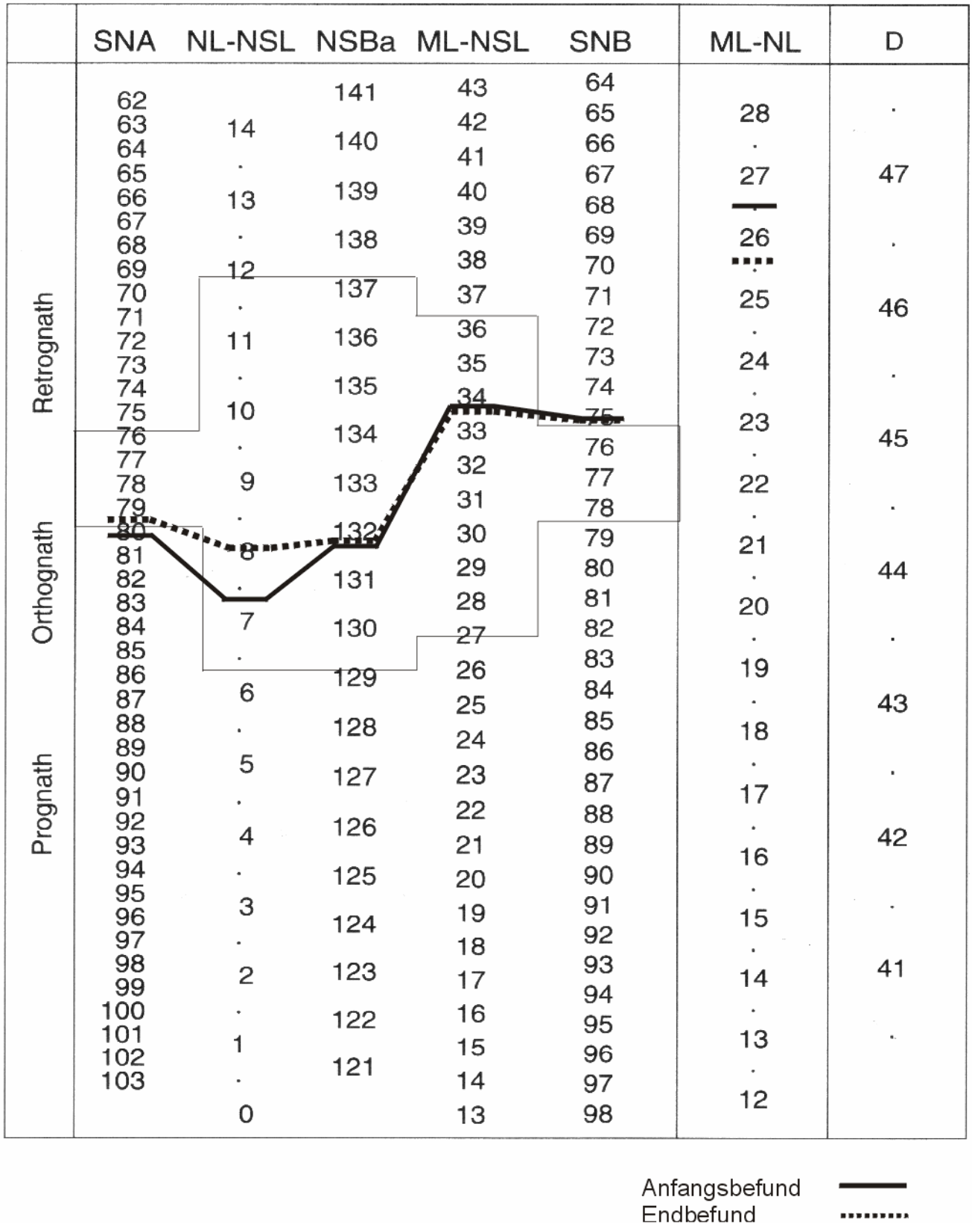


Abb. 23: Harmonieboxdiagramm nach SEGNER und HASUND mit der Gegenüberstellung der Werte des Anfangs- und Endbefundes der MSR-Gruppe.

5.1.2 Patientengruppe 2: Die Bolton- (Kontroll)Gruppe

5.1.2.1 Skelettale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes

A) Bestimmung des Gesichtstyps

Prognathiegrad:
Im Anfangsbefund zeigt sich bei der Kontrollgruppe ein maxillärer SNA-Wert von $\bar{x}$ = 80,7° mit einer Standarddeviation von s = 2,3°. Das entspricht einem orthognathen Prognathiegrad. Für den mandibulären SNB-Wert wurde ein Mittelwert von $\bar{x}$ = 76,1° (s = 2,9°) verzeichnet. Der Prognathiegrad bewegt sich schon im retrognathen Bereich.

Inklinationsgrad:
Die Maxilla ist zum Anfangszeitpunkt sehr leicht nach anterior in Bezug auf den Prognathiegrad geneigt. Der Mittelwert des NL-NSL-Wertes beträgt $\bar{x}$ = 7,7° bei einer Standardabweichung von s = 2,7°. Die Unterkieferinklination, ausgedrückt durch dem ML-NSL-Wert liegt mit $\bar{x}$ = 30,3° (s = 7,1°) posterior des Prognathiegrades des Unterkiefers.

Fazit: Bei der Bolton-Gruppe liegt ein noch harmonischer orthognather Gesichtstyp vor, mit einer leicht anterioren Inklination der Maxilla und einer posterioren Inklination der Mandibula.

B) Basale Relation

Sagittal:
Die sagittale Kieferbasenrelation, der ANB-Winkel definiert mit $\bar{x}$ = 4,5° (s = 1,9°) eine leicht distale Relation. Für die Kinnprominenz liegt ein PgNB-Wert von $\bar{x}$ = 1,6 mm (s=1,6 mm) vor. Er charakterisiert bei der Kontrollgruppe eine moderate Kinnprominenz.

Vertikal:
Die vertikale Relation zwischen mittlerer und unterer Gesichtshöhe wird durch den Index beschrieben. In diesem Fall beträgt der Wert $\bar{x}$ = 83,8 % mit einer Standardabweichung von s = 5,6 % . Man kann von einer neutralen Relation ausgehen.

Der ML-NL-Winkel liegt mit $\bar{x}$ = 26,1° (s = 5,4°) im disharmonisch offenen Bereich in Bezug auf den Prognathiegrad.

Fazit: Die vertikale Kieferbasenrelation kann noch als ausgewogen (N2) bezeichnet werden, da die Werte der Winkel NL-NSL und ML-NSL gut harmonieren. Es besteht dennoch eine Tendenz zu einem „high angle case“.

C) Schädelbasis

Der NSBa-Winkel zeigt bei einem Mittelwert von 129,7° (s = 4,9°) eine Abknickung der Schädelbasis an, die dem orthognathen Gesichtstypen entspricht.

5.1.2.2 Skelettale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Endbefundes

A) Bestimmung des Gesichtstyps

Prognathiegrad:
Der SNA-Winkel hat sich zwischen Anfangs- und Endbefund um 0,19° verkleinert. Er liegt mit $\bar{x}$ = 80,5° (s = 2,4°) nach wie vor im orthognathen Bereich des Gesichtstyps. Noch weniger Veränderung zeigte der mandibuläre SNB-Wert. Bei $\bar{x}$ = 76° (s = 2,7°) ergibt sich eine unmerkliche Verkleinerung von 0,06°. Der Gesichtstyp in Bezug auf den Unterkiefer gleitet etwas weiter in den retrognathen Bereich.

Inklinationsgrad:
Die Inklination der Maxilla beträgt zum Ende der Beobachtungszeit für NL-NSL einen Wert von $\bar{x}$ = 8,2° (s = 2,5°). Dabei vergrößert sich der Winkel um 0.4° und liegt somit absolut im orthognathen Erwartungsbereich bezogen auf den Prognathiegrad der Maxilla.
Für die mandibuläre Inklination ergibt sich ein ML-NSL-Wert von $\bar{x}$ = 30° (s = 6,8°), was eine Verkleinerung um 0,3° bedeutet. Die Unterkieferinklination bleibt posterior bezüglich des Prognathiegrades.

Fazit: Am Ende des Beobachtungszeitraumes liegt für die Kontrollgruppe ein orthognath harmonischer Gesichtstyp mit ausgewogener Oberkieferinklination und posteriorer Inklination des Unterkiefers vor.

B) Basale Relation

Sagittal:
Der ANB-Winkel, der die sagittale Kieferbasenrelation beschreibt, verringerte sich unwesentlich um 0,1°. Der Mittelwert zum Endbefund beträgt $\bar{x}$ = 4,4° (s = 1,8°) und charakterisiert nach wie vor eine leicht distale Relation der Kieferbasen.
Die Kinnprominenz, durch PgNB ausgedrückt, ist mit $\bar{x}$ = 2,3 mm (s = 1,6 mm) um 0,7 mm hervorgetreten. Es zeigt sich eine deutliche Prominenz der Mandibula.

Vertikal:
Die anteriore Gesichtshöhe liegt mit einem Index-Mittelwert von $\bar{x}$ = 85 % (s = 5.6 %) weiterhin in einer neutralen Relation. Der Unterschied zum Anfangsbefund beträgt 1,2 %.
Die posteriore Gesichtshöhe ergibt für den ML-NL einen Wert von $\bar{x}$ = 25,3° (s = 5,5°).
Der Interbasalwinkel liegt zum Prognathiegrad im harmonischen Bereich; er hat sich um 0,7° verkleinert.

Fazit: Es kann auch zum Endzeitpunkt von einer neutralen (N2) Relation zwischen anteriorer und posteriorer Gesichtshöhe gesprochen werden.

C) Schädelbasis
Der NSBa-Winkel und damit die Abknickung der Schädelbasis ist mit $\bar{x}$= 129,9° (s = 5°) weiterhin dem orthognathen Gesichtstyp zuzuordnen. Im Vergleich zum Anfangsbefund vergrößerte sich der NSBa-Winkel geringfügig um 0,2°.

5.1.2.3 Dentale Aussagen der FRS-Parameter zum Zeitpunkt des Anfangs- und Endbefundes

Bei der Kontrollgruppe liegt der Wert OK1-NA bei einem Mittel von $\bar{x}$ = 2,3 mm und einer Standarddeviation von s = 1,6 mm. Die Stellung der oberen Inzisiven in Bezug auf

die sagittale maxilläre Basis hat sich im Verlauf des Beobachtungszeitraumes um 0,7 mm auf einen Mittelwert von $\bar{x}$ = 3 mm (s = 1,9 mm) vergrößert. Eine Protrusion war eingetreten.
Für die Beurteilung der Stellung des unteren Inzisivus lässt sich ein Mittelwert für UK1-NB von x = 3,1 mm feststellen. Die Standarddeviation liegt bei s = 1,8 mm. Zum Zeitpunkt des Endbefundes stand der untere Inzisivus bei $\bar{x}$ = 3,6 mm (s = 1,9 mm). Damit ist er um 0,4 mm protrudiert.

Der Interinzisalwinkel (OK1-UK1) stand zum Zeitpunkt des Anfangsbefundes bei einem Mittelwert von $\bar{x}$ = 130,6° (s = 10°). Analog zu den festgestellten Protrusionen der Inzisiven verkleinerte sich der Interinzisalwinkel um 0.5° auf einen Mittelwert von
$\bar{x}$ = 130,1° bei einer Standarddeviation von s = 11,3°.

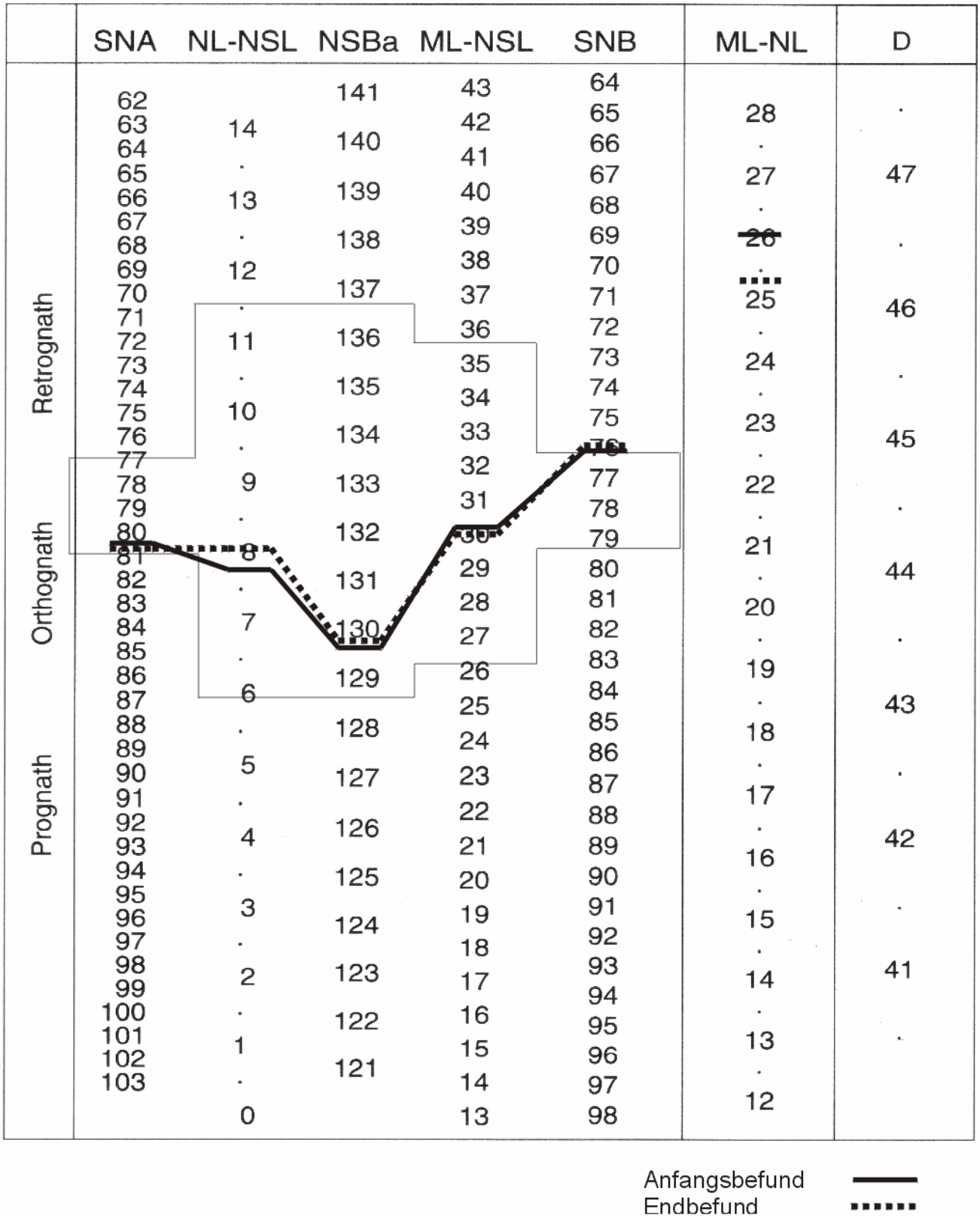


Abb. 24: Harmonieboxdiagramm nach SEGNER und HASUND mit der Gegenüberstellung der Werte des Anfangs- und Endbefundes der Bolton-Gruppe.

5.2 Wirkungsweise der MSR-Platte

Die Wirkung der MSR-Platte lässt sich anhand der unterschiedlichen Entwicklung der Mittelwerte der FRS-Parameter in den verschiedenen Patientengruppen darstellen. Dazu wurden die Differenzen der Mittelwerte zwischen Anfangs- und Endbefund analysiert.

5.2.1 Homogenitätsprüfung der Gruppen

Die Differenzen von Anfangs- und Endbefund sind für die FRS-Parameter stetig und annähernd normal verteilt.

Voraussetzung für die Aussagekraft der Ergebnisse ist die Normalverteilung der zu untersuchenden Gruppen. Zur grafischen Verdeutlichung von signifikanten Differenzen zwischen Anfangsbefund und Endbefund der verschiedenen Untersuchungsgruppen wurden Fehlerbalkendiagramme erstellt.

Zur Bestimmung der Genauigkeit der Mittelwertdifferenz wird für jede Gruppe das 95% Konfidenzintervall herangezogen. Bei fehlender Überlappung der Balken in den Diagrammen, kann von einem signifikanten Unterschied der gruppenspezifischen Befunddifferenzen auf dem 5% Niveau ausgegangen werden. Die vollständige Auflistung der Fehlerbalkendiagramme zu den einzelnen Variablen befinden sich in Anhang B.

Die Populations- und Kenngrößen zu den Variablen können ebenfalls dem Anhang entnommen werden (siehe Anhang A). Anhand der Schiefe und der Differenz zwischen Mittelwert und Median lässt sich ebenso wie in den oben genannten Error-bar (Fehlerbalken) Diagrammen erkennen, wie stark die Werte von einer idealen Normalverteilung abweichen. (Schiefe = 0 => ideale Normalverteilung; Differenz Mittelwert und Median = 0 => ideale Normalverteilung). Tabelle 3 zeigt die relevanten Werte zur Erkennung der Normalverteilung anhand eines Beispiels, dem SNB-Winkel jeweils zum Zeitpunkt t1 (Anfangsbefund) und t2 (Endbefund).

SNB t1		SNB t2	
Mittelwert	**75,10**	**Mittelwert**	**75,15**
Median	**75,35**	**Median**	**74,75**
Standardabweichung	3,46	Standardabweichung	3,63
Schiefe	**0,17**	**Schiefe**	**0,14**
Minimum	67,95	Minimum	67,85
Maximum	82,25	Maximum	82,55
Summe	1952,65	Summe	1953,85
Anzahl	26	Anzahl	26

Tab. 3: Homogenitätsprüfung: Darstellung der wichtigsten Parameter (fett gedruckt) zur Erkennung der Normalverteilung einer bestimmten Variable. Hier als Beispiel die Daten des SNB-Winkels zum Zeitpunkt t1 und t2 (Anfangs- bzw. Endbefund).

5.2.2 Vergleich der gruppenspezifischen Differenzen von Anfangs- und Endbefund

Die Analyse der Differenzbildung aus den Werten der einzelnen Variablen des ersten und zweiten Zeitpunktes führte auf Basis des 5 % Signifikanzniveaus zu folgenden Ergebnissen:

Die Werte ANB, PgNB(mm), OK1-UK1, OK1-NA(mm) und UK1-NB(mm) zeigen statistisch signifikante Gruppenunterschiede. Weitere Details zu den Testergebnissen befinden sich in Anhang D. In Tabelle 4 (siehe unten) sind die Veränderungen der Werte zwischen Zeitpunkt A und B aufgezeigt.

<u>Schädelbasis</u>

Für die Schädelbasis, ausgedrückt durch den Wert NSBa, konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der untersuchten MSR-Gruppe und der Kontrollgruppe festgestellt werden.

Maxillärer Komplex

Sagittal:
Die antero-posteriore Lage des A-Punktes in Bezug auf die vordere Schädelbasis, durch den SNA-Winkel beschrieben, zeigt eine Veränderung im Sinne einer Verkleinerung bei der MSR-Gruppe. Statistisch gesehen jedoch besteht darin kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Vertikal:
Der NL-NSL Winkel und damit der Inklinationsgrad der Maxilla weist ebenfalls keinen signifikanten Befundunterschied auf.

Mandibula

Sagittal:
Die anterio-posteriore Lage der Mandibula wird durch den SNB-Winkel beschrieben. Bei einer gemessenen Vergrößerung von nicht ganz 0,05° in der MSR-Gruppe und einer Verkleinerung des Winkels um 0,06° in der Kontrollgruppe ist keine Signifikanz für einen Gruppenunterschied gegeben.

Vertikal:
Auch für den Inklinationsgrad der Mandibula ist kein signifikanter Gruppenunterschied für den ML-NSL zu erkennen. Bei der behandelten Gruppe war dies eine Verkleinerung um 0,12° und bei der Kontrollgruppe eine Verkleinerung um 0,3°. Der Kieferwinkel verändert sich ebenfalls nicht signifikant.

Basale Relation

Sagittal:
Der ANB-Winkel, der die intermaxilläre basale Relation ausdrückt, zeigt hingegen einen signifikanten Unterschied zwischen der MSR- und der Kontrollgruppe. Bei der MSR-Gruppe wurde eine Verringerung des Winkels von 5,2° auf 4,5° verzeichnet. Bei der Kontrollgruppe jedoch nur eine minimale Verringerung von 4,6° auf 4,5°.

Auch die Strecke PgNB(mm), welche die Kinnprominenz beschreibt, weist einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen auf. Während sich die Kinnprominenz bei der behandelten Gruppe nur um 0,2 mm vergrößerte, veränderte sich der Wert in der Kontrollgruppe um 0,7 mm. Die Kinnprominenz vergrößerte sich bei der Kontrollgruppe also deutlicher, als bei der MSR-Gruppe.

Vertikal:
Für die anteriore Gesichtshöhe wurde ein Unterschied festgestellt, der gerade nicht als signifikant anzusehen ist. Während bei der MSR-Gruppe eine Vergrößerung, um 2,1 % zu sehen ist, weist die Kontrollgruppe einen Anstieg der vorderen Gesichtshöhe um 1,22 % auf.

Der Interbasalwinkel ML-NL verkleinerte sich in der MSR-Gruppe um 0,9° von 26,5° auf 25,6°. In der Kontrollgruppe verkleinerte er sich vergleichbar um 0,8° von 26,1° auf 25,3°. Damit liegt kein signifikanter Gruppenunterschied vor.

Dento-alveoläre Relation

Die sagittale Position der oberen Inzisiven, die Strecke OK1-NA (mm), gibt am Ende des Beobachtungszeitraumes Aufschluss über eine erfolgte Protrusion bzw. Retrusion der Schneidezähne. Die beiden untersuchten Gruppen wiesen am Ende des Beobachtungszeitraums einen signifikanten Unterschied auf. Bei der MSR-Gruppe sank der Wert von 3,4 mm vor Behandlungsbeginn auf einen Wert von 2,8 mm am Ende des Behandlungszeitraumes. Das bedeutet eine Retrusion um 0,6 mm. Bei der Kontrollgruppe waren es 2,3 mm am Anfang und 3,0 mm am Ende des Beobachtungszeitraumes. Im Gegensatz zur MSR-Gruppe fand hier eine Protrusion um 0,7 mm statt.

Im Unterkiefer informiert die Strecke UK1-NB (mm) über die Veränderungen der Zahnstellungen. Auch hier konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Bei der MSR-Gruppe zeigte sich eine Retrusion um 0,4 mm (von 4,4 mm auf 3,9 mm), während die unteren Inzisiven in der Kontrollgruppe um 0,5 mm (von 3,1 mm auf 3,6 mm) protrudierten.

Der Interinzisalwinkel (OK1-UK1) zeigt ebenfalls signifikante gruppenspezifische Veränderungen. Während sich der Winkel bei der MSR-Gruppe von 125,3° auf 128,3° vergrößerte, verkleinerte er sich bei der Kontrollgruppe von 130,6° auf 130,1° am Ende der Beobachtungszeit.

	MSR A↔B	**Bolton A↔B**
SNA	-0,7	-0,1
SNB	0,05	-0,06
ANB	-0,7*	-0,12*
PgNB (mm)	0,23*	0,73*
NSBa	0,13	0,23
Gn-tgo-Ar	-0,4	-0,3
NL-NSL	0,75	0,46
ML-NSL	-0,1	-0,3
ML-NL	-0,87	-0,78
N-Sp´ (mm)	1,4	1,56
Sp´-Gn (mm)	1,65	1
Index %	2,14	1,21
OK1-UK1	3*	-0,5*
OK1-NA (mm)	-0,5*	0,75*
UK1-NB (mm)	-0,4*	0,49*

Tab. 4: Übersicht der Veränderungen der Variablen zwischen Zeitpunkt A (Anfangsbefund) und Zeitpunkt B (Endbefund). Die Werte mit statistischer Signifikanz sind mit Sternchen gekennzeichnet.

VI. DISKUSSION

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde eine Gruppe von Patienten untersucht, deren Angle Klasse II Malokklusion mit der MSR-Platte behandelt wurde. Die Ergebnisse der Untersuchungsgruppe wurden mit Werten einer unbehandelten Kontrollgruppe gleichen Malokklusionstyps, gleichen Alters und Geschlechts verglichen. Die Literatur verzeichnete bis zu diesem Zeitpunkt keine vergleichbare Studie über den Behandlungseffekt der MSR-Platte mit den soeben beschriebenen Kriterien.

6.1 Methodenkritik

Für die Auswahl zur Teilnahme an dieser Studie mussten bestimmte morphologische Kriterien zu Behandlungsbeginn erfüllt sein. Die späteren Behandlungsergebnisse wurden für die Teilnahmeauswahl nicht berücksichtigt. Da es sich um eine sehr begrenzte Fallzahl (26) handelt werden hier sicherlich Unterschiede in den Ausgangssituationen der ausgewählten Gruppen deutlich. Eine größere Fallzahl hätte für ausgeglichenere Mittelwertverhältnisse gesorgt und sich im Hinblick auf starke interindividuelle Varianzen im Behandlungserfolg bei Verwendung funktionskieferorthopädischer Geräte als wünschenswert erwiesen.

Es zeigen sich während der Behandlung immer wieder große individuelle Variationen hinsichtlich der morphologischen Reaktion von Patienten auf die MSR-Platte, wie auch auf die Bass-Platte. [6, 51, 52, 70]. Laut MERRIFIELD und CROSS [56] tragen nicht nur die Art des Headgears, sondern auch seine individualspezifische Wirkung auf einen Patienten zur Variabilität der Ergebnisse bei. Andere Faktoren sind unterschiedliche Wachstumsschübe und Patientencompliance.

Bei der Auswertung der Ergebnisse sind weiterhin noch folgende Punkte zu berücksichtigen:

Wie bei anderen funktionskieferorthopädischen Geräten [11, 32, 51, 52, 84] ist auch bei der MSR-Platte der Therapieerfolg abhängig von der Patientenkooperation und der angewiesenen Tragedauer. Letztere betrug für alle Patienten 16 Stunden pro Tag. Die Platten sollten nur während der Mahlzeiten und bei sportlichen Aktivitäten entfernt werden. Die MSR-Platte, wie auch die vollständige Bass-Apparatur oder andere voluminös oder sperrig erscheinende Geräte, werden im allgemeinen von Patienten gut toleriert [6, 32, 51]. Entsprechend kann zwar hier von einer guten Compliance ausgegangen werden, jedoch lassen sich Kooperation und Tragemodus in einer retrospektiven Studie nicht genau überprüfen.

Der teilweise bestehende Altersunterschied zwischen den Patienten der MSR-Gruppe und Kontrollgruppe kann durchaus klinische Relevanz bezüglich momentaner Wachstumsgeschwindigkeiten haben. Da vor allem das Lebensalter eines Patienten nicht unbedingt mit dem skelettalen Alter übereinstimmt, kann es passieren, dass zum Beispiel ein jüngerer, in einer Wachstumspause befindlicher Patient mit einer MSR-Platte behandelt, und mit einem älteren Patienten aus der Kontrollgruppe verglichen, der möglicherweise einen größeren Wachstumsschub aufweist, so werden die Ergebnisse verfälscht. Dies ist durchaus ein kritisch zu sehender Punkt der Studie, verursacht insbesondere durch das Fehlen von entsprechenden Handröntgenaufnahmen, die genauen Aufschluss über das skelettale Alter der Patienten der Kontrollgruppe geben. Dieses spezifische Alter kann somit nur anhand der Lebensjahre möglichst genau an das der Patienten aus der MSR-Gruppe angenähert werden. Die begrenzte Zahl von verfügbaren, gleichaltrigen Kontrollpatienten erschwert einen genaueren Vergleich zusätzlich.

Positiv zu werten ist allerdings, dass die zeitlichen Abstände von Anfangs- und Endbefund bei beiden Gruppen nur geringfügig variieren. Im Durchschnitt wurden die Anfangs- und Endröntgenbilder bei beiden Gruppen in einem Zeitabstand von 1,2 Jahren (siehe Tabelle 5) angefertigt. Dadurch lassen sich eventuelle morphologische Veränderungen in beiden Gruppen aufgrund unterschiedlich langer Beobachtungszeiträumen ausschließen.

	Zeitl. Differenz zwischen Anfangs- und Endröntgenbild	
	MSR-Gruppe	**Bolton-Gruppe**
Patient 1	1,2	1,5
Patient 2	1,2	1
Patient 3	1,1	1
Patient 4	1	1
Patient 5	0,9	1
Patient 6	1	0,9
Patient 7	1,4	2
Patient 8	1,2	0,9
Patient 9	1,2	1
Patient 10	1,8	3
Patient 11	1,2	1,1
Patient 12	1	1
Patient 13	1,7	1
Patient 14	1,5	2
Patient 15	1,1	1
Patient 16	1,2	1
Patient 17	1	1
Patient 18	1	1
Patient 19	0,8	0,9
Patient 20	1,1	1,3
Patient 21	1	1
Patient 22	1,3	2
Patient 23	1,8	2
Patient 24	1,1	1
Patient 25	1,5	1,5
Patient 26	1,2	1
Mittelwert	1,18	1,23

Tab. 5: Übersicht der zeitlichen Differenz zwischen dem Anfangs- und dem Endzeitpunkt der Röntgenaufnahmen.

Die morphologischen Veränderungen in der MSR-Gruppe dieser Studie sind immer eine Kombination aus Behandlungseffekt und individuellem Wachstum. Unterschiede im individuellen Wachstumspotential während des Beobachtungszeitraumes könnten eine Erklärung für ausgeprägtere oder schwächere Behandlungsresultate der Patienten innerhalb der MSR-Gruppe sein.

Auf eine Unterscheidung nach Geschlecht wurde verzichtet, da sich dadurch die Fallzahl weiterhin reduziert hätte. In anderen kieferorthopädischen Studien, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern nachgewiesen werden [1, 32, 38, 51, 52, 78, 102].

Um eine differenziertere Betrachtung der Gruppen zu ermöglichen, wurde eine Klassifizierung entsprechend des Gesichtstyps nach SEGNER/HASUND [92] vorgenommen. Dabei wurden die Gesichtstypen anhand ihres Prognathiegrades in der sagittalen Ebene eingeteilt. Als Grundlage für diese Differenzierung gilt die sagittale Relation der Maxilla zur Schädelbasis, der SNA-Winkel. Liegt der Wert des SNA-Winkels zwischen 79° und 85°, so wird von einem orthognathen Gesichtstyp ausgegangen. Liegt der Wert unterhalb von 79°, so ist der Gesichtstyp retrognath. Der Gesichtstyp der MSR-Gruppe, sowie in der Kontrollgruppe liegt in diesem Fall im orthognathen Bereich.

Inwieweit eine Angle-Klasse I Beziehung am Ende des Beobachtungszeitraumes erreicht werden konnte, wurde nicht berücksichtigt, da die Behandlung in vielen Fällen nach Exkorporation der MSR-Platte mit anderen herausnehmbaren oder festsitzenden Geräten komplettiert wurde. Es können damit auch keine Rückschlüsse auf die Stabilität des erreichten Ergebnisses gezogen werden. MCNAMARA [54] beobachtete die Wirkung des FRÄNKEL FUNKTIONSREGLERS über 18 Monate, CREEKMORE und RADNEY [18] über 2 Jahre und 4 Monate und CURA [20] beobachtete die Wirkung der Bass-Platte und des Aktivators fast 6 Jahre lang. Diese Studien hatten das Ziel, die Untersuchung bis zum vollständigen Erreichen der Klasse I Beziehung durchzuführen.

6.2 Diskussion zur Wirkung der MSR-Platte

Die Ergebnisse dieser Untersuchung lassen darauf schließen, dass durch die Behandlung mit der MSR-Platte hauptsächlich dento-alveoläre Veränderungen im Bereich der Inzisivenstellung hervorgerufen werden. Allerdings ergeben sich deutliche Hinweise auf eine Wachstumsrestriktion im Bereich der Maxilla durch die Einwirkung der MSR-Platte in Verbindung mit einem High-pull Headgear.

Im Folgenden sollen die in dieser Untersuchung festgestellten Veränderungen kephalometrischer Variablen mit Angaben aus der Literatur verglichen werden. Später (in Kapitel 6.3) wird nochmals getrennt und detailliert auf die einzelnen relevanten Variablen und deren Bedeutung im Vergleich mit anderen Veröffentlichungen eingegangen.

Die hierzu ausgewählten Studien untersuchen hauptsächlich den Aktivator und den Bionator in sämtlichen Varianten, sowie den Fränkel Funktionsregler und die Herbst Apparatur. Die drei erstgenannten Geräte sind der MSR-Platte sehr ähnlich. Die Herbst Apparatur wird im Unterschied zur MSR-Platte fest eingegliedert. Bestimmte Ergebnisse aus diesen Untersuchungen können demnach zum Vergleich mit den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung herangezogen werden. Tabelle 6 enthält eine Gegenüberstellung dieser Ergebnisse.

Trotz größerer Unterschiede in der Länge der jeweiligen Beobachtungszeiten und den herangezogenen kephalometrischen Parametern, sind sich die Autoren in ihren Ergebnissen bemerkenswert einig.

	MSR	Bass	Malmgren	Pancherz	Ömblus	Cura			Illing	
Behandlungs-dauer	7-20 Monate	6 Monate	15 Monate	6-15 Monate	6 Monate	7 Monate	18 Monate	20 Monate	9 Monate	
Verwendetes FKO-Gerät	Bass-Platte	Bass-Platte	Bass-Platte	Bass-Platte	Bass-Platte	Bass-Platte	Aktivator+ Headgear	Aktivator alleine	Bass-Platte	Bionator alleine
Differenzen der Mittelwerte zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt										
SNA	-0,7	-0,1	-0,9	-0,4	-0,5	-0,72	-0,88	0,29	0,9	0,9
SNB	0,05	2	2,2	1,6	1,2	2,06	1,75	2,05	0,9	0,6
ANB	-0,7	-2,12	-3,1	-2	-1,7	-2,78	-2,65	-1,73	0	-1,3
NL-NSL	0,75	-	0,4	0,3	-	0,52	-0,43	-0,05	-	-
ML-NSL	-0,1	-	-1,3	1,2	-0,4	-1,06	-0,82	-0,14	-	-
ML-NL	-0,87	-	-	-	-0,5	-1,37	-0,4	-0,21	-	-
OK1-UK1	3	-	-	-	-	-	-	-	4,1	3,6

Tab 6: Gegenüberstellung der festgestellten Veränderungen zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt aus der vorliegenden Arbeit mit den Ergebnissen aus anderen relevanten Untersuchungen.

Bei einem Vergleich mit anderen Arbeiten muss bedacht werden, dass einige Autoren in ihren Untersuchungen keine Kontrollgruppe herangezogen haben. Damit konnten sie auch keine Kenntnis über das Ausmaß der Veränderungen durch natürliches Wachstum in Gegenüberstellung mit den erreichten Ergebnissen erhalten [20, 51, 52, 67, 70, 107]. So vertritt CURA [20] in einer Untersuchung von 1996 die Ansicht, dass funktionskieferorthopädische Geräte auch skelettale Veränderungen hervorrufen können. Er verglich jedoch nur die Wirkungsweise der Bass-Platte, eines Aktivators und einer Aktivator-Headgear-Kombination untereinander, aber nicht mit einer unbehandelten Kontrollgruppe.

In seiner Untersuchung behandelte CURA [20] alle Patienten bis zum Erreichen der Klasse I Verzahnung. Dabei stellte er fest, dass die skelettale Wirkung der Bass-Platte und der Aktivator-Headgear-Kombination in einem kürzeren Zeitraum deutlich ausgeprägter war, als bei der Behandlung mit dem Aktivator alleine. Die Klasse I wurde bei Einsatz der Bass-Platte nach durchschnittlich 6,8 Monaten, bei Einsatz der Aktivator-Headgear-

Kombination nach durchschnittlich 1,5 Jahren und bei alleiniger Aktivatorbehandlung nach durchschnittlich 1,8 Jahren erreicht. Daraus schloss CURA [20], dass vor allem die Bass-Platte einen skelettalen Einfluss auf die Patienten hat. In einer Folgestudie aus dem Jahre 1997 verglich CURA [21] dann doch noch die Wirkung der Bass-Platte mit einer Kontrollgruppe. Für die Gruppe der behandelten Patienten bediente er sich der bereits existierenden Gruppe aus der oben erwähnten Untersuchung von 1996. Als Kontrollgruppe diente ihm in der neuen Untersuchung eine Gruppe freiwilliger Patienten gleichen Alters mit einer Angle Klasse II Malokklusion.

In anderen Untersuchungen, die eine Kontrollgruppe zum Vergleich herangezogen [21, 38, 42, 54, 84, 102, 106], sind im allgemeinen die Werteveränderungen, wie auch für CURA [21] geltend, in der Kontrollgruppe im Ausmaß entweder wesentlich geringer als die der behandelten Gruppen oder die Werte verstärkten die bestehende Klasse II Malokklusion noch weiter (vergleiche Tabelle 7). Dies gilt auch für die Ergebnisse der vorliegenden Studie. Bei ILLING [38] zum Beispiel vergrößert sich der ANB-Winkel in der Kontrollgruppe, so dass die sagittale interbasale Relation noch weiter verstärkt wird. Gleiches gilt für den SNB-Winkel, der sich bei ILLING [38], JANSON [42], sowie den hier vorliegenden Ergebnissen tendenziell verkleinert. Im Vergleich zu den behandelten Gruppen jedoch sind diese Veränderungen nur minimal.

	MSR	Cura	Illing	Janson	McNamara	Wieslander
Behandlungs-dauer	7-20 Monate	7 Monate	9 Monate	12 Monate	24 Monate	32 Monate
Eingesetztes Gerät der Beh. Gruppe	Bass-Platte	Bass-Platte	Bass-Platte	Bionator	Fränkel Funktions-regler	Cervical-pull Headgear

Differenzen ausgewählter Mittelwerte der Kontrollgruppen zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt

SNA	-0,1	0,53	0,3	-0,4	0,1	-
SNB	-0,06	0,73	-0,2	0,25	0,2	-
ANB	-0,12	-0,2	0,4	-0,68	-0,1	0,16
NL-NSL	0,46	0,15	-	0,17	-	0,57
ML-NSL	-0,3	-1,03	-	0,065	-0,5	0,29
ML-NL	-0,78	-0,68	-	-0,115	-	-
OK1-UK1	-0,5	-	4,1	-1,18	-	-

Tab. 7: Übersicht ausgewählter Variablen der Kontrollgruppen und deren Veränderungen zwischen Anfangs- und Endzeitpunkt. Die Spalte „Janson“ setzt sich aus den Mittelwerten der Ergebnisse der Kontrollgruppen vor- und in der Pubertät zusammen

6.3 Spezielle Diskussion der Einzelergebnisse

Variable SNA°

Die Variable SNA ist nicht ganz einfach zu deuten, da es sich beim Punkt A nicht um einen echten skelettalen Bezugspunkt handelt, sondern um eine alveoläre Vertiefung. Es ist somit leicht möglich, dass Veränderungen im SNA-Winkel alleine durch Stellungsänderungen der oberen Inzisivi stattfinden. Auch ILLING [38], CURA [20], AELBERS [1] und MILLS [59] deuteten schon darauf hin. Betrachtet man die Retrusion der oberen Inzisiven (siehe unten), so scheint es sich zunächst bei einer Behandlung mit der MSR-Platte ebenfalls zu bestätigen, dass sich der SNA-Winkel aufgrund einer Veränderung des A-Punktes verkleinert. Da sich jedoch der Interinzisalwinkel (siehe

Variable OK1-UK1° weiter unten) vergrößert und damit eine Achsänderung der Inzisivenstellung in Sinne einer Rotation bedeutet, müsste sich der A-Punkt vergrößern. Demzufolge hätte sich auch der SNA-Winkel vergrößern müssen. Da der SNA-Winkel aber kleiner wird, kann es nur aufgrund eines körperlichen Haltens der Maxilla sein.

In Übereinstimmung mit anderen Autoren [20, 21, 24, 32, 42, 51, 52, 67, 70, 84] wird der SNA-Winkel durch den Behandlungseinfluss leicht verkleinert.

Die Verkleinerung des SNA-Winkels um 0,7° der behandelten Gruppe liegt nicht im statistisch signifikanten Bereich. Beide Gruppen zeigen im Anfangsbefund sowie im Endbefund einen orthognathen Prognathiegrad. Es zeichnet sich jedoch gegenüber der Kontrollgruppe die deutliche Tendenz ab, dass die Maxilla gehalten wird. Auch die Ergebnisse von BASS zeigen, dass der SNA-Winkel gehalten wird. PANCHERZ [70] und CURA [20], die beide die Bass-Platte untersuchten, verzeichnen eine leichte Reduktion des SNA-Winkels. ILLING [38] jedoch kann, für sie selbst überraschend, bei dem Einsatz der Bass-Platte trotz Headgearanwendung und Torque Feder, ähnlich wie PANCHERZ [70] und CURA [20, 21], eine leichte Vergrößerung des SNA-Winkels feststellen. Eine Erklärung dafür gibt sie nicht, jedoch mag CURA [20] nicht unrecht haben, wenn er einräumt selbst bei der Aktivierung der Torque Feder Schwierigkeiten gehabt zu haben.

Die registrierte Verkleinerung des SNA-Winkels der Kontrollgruppe von 0,1° kann als vernachlässigbar eingestuft werden. JANSON [42]stellt in ihrer Kontrollgruppe ebenfalls eine unbedeutende Verkleinerung im SNA-Winkel fest.

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung bezüglich der MSR-Gruppe stimmen des weiteren mit jenen von MCNAMARA [54], der den Fränkel Funktionsregler untersuchte, überein. Auch HARVOLD und VARGERVIK [33] bestätigen dieses in ihren Studien des Aktivators. MILLS [59] konstatierte in seinem Überblick über Funktionsregler- und Aktivator Untersuchungen, dass die Veränderungen des SNA-Winkels deutlicher sind, als in den Kontrollgruppen, und auf eine echte, also skelettale Retrusion des A-Punktes zurückzuführen sind. TULLOCH [102] untersuche die skelettalen Veränderungen bei früher Intervention von Klasse II Anomalien und kommt ebenfalls zum Schluss, dass die Maxilla durch das Einwirken des Headgears körperlich gehalten wird.

FRÄNKEL [27] und JANSON [42, 43] bemerken bei der Behandlung mit dem Funktionsregler bzw. dem Bionator schon eine tendenzielle Vergrößerung des SNA-Winkels. JANSON [42] versucht dieses Phänomen durch die fehlende Kunststoffabstützung palatinal in der Front zu erklären. Die Zunge kann sowohl beim Bionator, als auch beim Funktionsregler frei in diesem Bereich agieren. Dadurch wirkt die sagittal-distale Kraft im

Oberkiefer nicht in dem Maße, wie zum Beispiel beim Aktivator, der auch in Kombination mit einem Headgear eingesetzt werden kann. Folglich bleibt der A-Punkt eher stationär oder wird protrudiert, da die Zunge durch ihr freies Spiel auf den A-Punkt dental eine entgegengesetzte Kraft ausüben kann.

Alle Autoren sind sich dahingehend einig, dass sich das maxilläre Wachstum nur mit Hilfe extraoraler Kraftanwendung gut beeinflussen lässt [17, 21, 54, 78, 84, 102, 106, 107]. Mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen lässt sich diese Behauptung insofern bekräftigen, dass durch die Kombination von Headgear und MSR-Platte eindeutig ein größerer Einfluss auf den SNA-Winkel genommen werden konnte, als es beim natürlichen Wachstum ohne Hilfsmittel der Fall ist.

Einen anderen Ansatz zur Erklärung einer Verkleinerung des SNA-Winkels liefert PANCHERZ [72] in einer seiner Untersuchungen über die Herbst-Apparatur: Er stellt innerhalb etwa eines Jahres eine Längenänderung in der Strecke S-N fest, die auf Wachstum der Schädelbasis zurückzuführen ist. Dabei verlagert sich nicht der A-Punkt, sondern der N-Punkt kommt weiter nach anterior und bewirkt folglich eine Verkleinerung des SNA- Winkels. Bei einer nachträglichen Längenmessung der S-N Strecke in der MSR-Gruppe konnte eine derartige Veränderung jedoch nicht bestätigt werden. Im Gegenteil, hier besteht eher Ähnlichkeit mit den Ergebnissen von CURA [21], der eine Verkürzung der Strecke S-N aufgrund des Einsatzes extraoraler Kraft in Form von Headgears feststellt. In den vorliegenden Ergebnissen kann von einer Reduktion der Strecke S-N um 0,1 mm im Mittel ausgegangen werden. Auch hier lässt sich schließen, dass die Maxilla gehalten wird.

Variable SNB°

Auch beim SNB-Winkel ist die Position des B-Punktes anfällig für Stellungsveränderungen an den Inzisiven. Da sich jedoch in den vorliegenden Resultaten so gut wie keinerlei Veränderung des SNB-Winkels oder der unteren Inzisivenstellung weder für die Kontrollgruppe noch für die MSR-Gruppe zeigt, kann von einer stationären Position des B-Punktes ausgegangen werden.

Im Gegensatz zur Bass-Platte, die auch auf Wachstumsstimulation im Unterkiefer abzielt, fehlen der MSR-Platte die Lingualpolster, die durch Kontakt mit der lingualen Mukosa eine progressive propriorezeptive Anteriorstellung der Mandibula erzwingen. Die

anteriore Haltung der Mandibula wird bei der MSR-Platte allein durch den Konstruktionsbiß bestimmt. Die Veränderungen am Unterkiefer werden also wie auch bei Bass durch Wachstumsfreigabe und Ausnutzen des vorhandenen Wachstumspotentials hervorgerufen.

In einigen Studien über die Bass-Platte [6, 21, 38, 51, 52, 70] werden signifikante Vergrößerungen des SNB-Winkels um bis zu 3° verzeichnet.

BASS [6], PANCHERZ [70], CURA [20] und MALMGREN [51] behaupten, ein Längenwachstum sei eingetreten und der SNB-Winkel hätte sich vergrößert. ILLING [38] räumt jedoch ein, dass die Vergrößerungen des Winkels aufgrund einer Anteriorverlagerung des B-Punktes eintraten, die durch eine Protrusion der unteren Schneidezähne und nicht des gesamten Unterkieferkomplexes hervorgerufen wurde. MILLS [59] räumt ein, dass die anteriore Positionierung der Mandibula durch Veränderungen in den Kondylen kommen kann. HARVOLD und VARGERVIK [33] finden eine protrusive Relokalisation der Kondylen innerhalb der Fossa glenoidalis und dementsprechend eine anteriore Relokalisation der Mandibula.

In der Abhandlung von BISHARA und ZAIJA [11] wird zusammengefasst, dass sich die Veränderungen im Unterkiefer hauptsächlich durch eine Verlängerung des Untergesichts manifestieren. In ihrem Überblick geht es um die Auswirkungen von funktionskieferorthopädischen Geräten, insbesondere konzentrieren sie ihre Erläuterungen auf bestehende Studien über den Aktivator und den Funktionsregler nach Fränkel.

In dieser Studie kann bezüglich des SNB-Winkels nur eine Tendenz aufgezeigt werden, die für die behandelte Gruppe um 0.06° nach anterior weist und für die Kontrollgruppe um 0.05° nach posterior. Ein Grund dafür kann in einer, durch die MSR-Platte gesteuerten, veränderten Lippenfunktion zwischen MSR-Gruppe und Kontrollgruppe vermutet werden, oder in einer leichten wachstumsbedingten Rotation der skelettalen Strukturen. Diese Vermutungen können jedoch weder statistisch noch klinisch erhärtet werden. Auch bei CURA [20], der in einer seiner Untersuchungen die Bass-Platte und den Aktivator verglich zeigte sich, ebenso wie bei JANSON in den Bionatorstudien [41, 42, 80] nur eine geringfügige Veränderung des SNB-Winkels um 0,75° bzw. 0,25°. Darüber hinaus finden auch HANSSON [32], RUSHFORTH [84], CREEKMORE und RADNEY [18] nur leichte Verringerungen des SNB-Winkels und bestätigen somit indirekt das vorliegende Untersuchungsergebnis.

Variable ANB°

In dieser Untersuchung zeigt sich eine statistisch signifikante Verkleinerung des ANB-Winkels. Obwohl beide Gruppen nach wie vor im Bereich der distalen Kieferbasenrelation liegen, verringert sich der Wert bei der Kontrollgruppe mit 0,1° minimal und in der behandelten Gruppe um 0,7°. Sie lässt sich in bezug auf die Verkleinerung des SNA-Winkels gut erklären, denn der ANB-Winkel verkleinert sich genau um den gleichen Wert wie der SNA-Winkel. Zusammen mit der Erkenntnis, dass sich der SNB-Winkel vernachlässigbar wenig verringert, müsste es sich hierbei um ein skelettales Halten der Maxilla durch den Einsatz der MSR-Platte in Kombination mit dem extraoralen Kraftansatz durch den Headgear handeln.

In der Literatur finden sich unterschiedliche Ergebnisse hinsichtlich des Ausmaßes der Veränderungen der ANB-Winkel. HANSSON [32] erkennt bei der Behandlung mit der Hansa-Platte eine deutliche Reduktion des ANB-Winkels, während sich bei JANSON [42] in der Bionatoruntersuchung wenig verändert. JANSON [42] stellt fest, dass sich der ANB-Winkel nur durch den natürlichen Wachstumsverlauf verändert und nicht aufgrund des Bionatoreinflusses. Laut den Ergebnissen von PANCHERZ [70], FRÄNKEL [27] und WIESLANDER [106, 107] wird der ANB-Winkel, wie auch in der vorliegenden Untersuchung, durch den Einfluss der entsprechenden Behandlung stärker verkleinert, als im unbeeinflussten Wachstum. Der ANB-Winkel wird entweder durch eine Reduktion des SNA-Winkels, eine Vergrößerung des SNB-Winkels oder durch eine Kombination beider verkleinert [17, 21, 70, 102, 107]. TULLOCH [101] stellt eine Verringerung des ANB-Winkels durch Halten der Maxilla nur bei den Patienten fest, die mit einem Headgear behandelt wurden. Bei den Patienten, die mit funktionskieferorthopädischen Geräten ohne Headgear behandelt wurden, konnte die Reduktion des ANB-Winkels durch eine Vergrößerung des SNB-Winkels erreicht werden.

Dabei sollte bedacht werden, dass jeweils der A- und B-Punkt keine konkreten skelettalen Merkmale darstellen, sondern tiefe alveoläre Punkte (Einziehungen). Dementsprechend wird die Größe des ANB-Winkels nicht nur von der Neigung und sagittalen Position der Maxilla und Mandibula, sondern auch von der dentalen Inklination der Inzisiven beeinflusst. Die geringen Veränderungen lassen auf eine Retrusion des A-Punktes, daraus folgend einer Reduktion des SNA und einer Verkleinerung des ANB- Winkels schließen. Da jedoch eine dental wenig aktive Torquebewegung stattfindet

und die Dentition im Oberkiefer dennoch retrudiert wird, kann es sich hierbei nur um eine Beeinflussung der Maxilla auf skelettaler Ebene handeln.

Variable PgNB (mm)

Die Veränderungen an diesem Wert ist äußerst schwierig zu erklären. Die Kinnprominenz weist bei der Kontrollgruppe im unbeeinflussten Wachstum eine statistisch signifikante Zunahme im Vergleich zur MSR-Gruppe auf. Während die MSR-Gruppe nur einen Kinnvorschub um 0,2 mm vollzog, wird für die Kontrollgruppe eine Zunahme von 0,7 mm verzeichnet. Eine mögliche Erklärung sind die stark differierenden Einzelwerte der Patienten und deren Verlauf während der Behandlung. Andererseits finden sich in der Literatur durchaus Übereinstimmungen mit dem hier vorliegendem Ergebnis. Bei JANSON [42], SCHUDY [86] und CREEKMORE [17] zeigt sich ebenfalls eine stärkere Vergrößerung der Kinnprominenz in der Kontrollgruppe. CREEKMORE [17] und SCHUDY [85] stellen fest, dass es am Kinn kaum zu appositionellem Wachstum kommt und die Zunahme alleine durch die Veränderungen am B-Punkt und durch das Rotationsverhalten der Mandibula kommt. Auch BJÖRK [13] wies in seinen Implantatstudien auf das Rotationsverhalten der Mandibula hin, welches bei Anteriorrotation zu einem prominenteren Kinn führt. MCNAMARA [54] ist überzeugt davon, dass die horizontale Längenzunahme der Mandibula für die verstärkte Kinnprominenz verantwortlich ist. Diese horizontale Längenzunahme fällt aufgrund von unbeeinflusstem Wachstum in der Kontrollgruppe schwächer aus, als es für seine, mit dem Fränkel Funktionsregler behandelte Gruppe der Fall ist.

Da in dieser Untersuchung keine Veränderung der Position des B-Punktes festzustellen war, bleiben nur noch folgende Erklärungsmöglichkeiten: (1) Die Kinnprominenz wird im Laufe der Reifung größer, was auch für die mit der MSR-Platte behandelten Patienten gilt. (2) Der Unterkiefer hat, auch im unbeeinflussten Wachstum ein gewisses Rotationsverhalten, was auch in den vorliegenden Daten zu sehen ist und im Kollektiv der Kontrollgruppe stärker ausgeprägt ist, als in der MSR-Gruppe. (3) Die Werte der Einzelpersonen sind teilweise sehr stark gestreut. Es werden Werte von –0.7 mm bis 6,7 mm für die MSR-Gruppe und von –1,5 mm bis 5,3 mm für die Kontrollgruppe verzeichnet. Damit kann das Ergebnis als eine Kombination der genannten Faktoren gedeutet werden und nicht als Wirkung der MSR-Platte.

Variable NL-NSL°

Beide Gruppen wiesen zu Beginn für den maxillären Inklinationsgrad (NL-NSL) eine anteriore Neigung der Maxilla zur Schädelbasis auf. Sie zeigen zum Ende der Beobachtungszeit eine Zunahme der Oberkieferinklination in unterschiedlichem Ausmaß. Es fällt eine ausgeprägtere Posteriorrotation der Maxilla in der MSR-Gruppe auf. Diese statistisch und klinisch nicht signifikante Feststellung deckt sich mit Aussagen von JANSON [42] und ILLING [38] bezüglich des Bionators. Bei ELDER und TUENGE [24], CURA [20] und WIESLANDER [107] zeigen sich bei Behandlung ebenfalls posteriore Rotationstendenzen der Maxilla. Allerdings sollte erwähnt werden, dass WIESLANDER [107] in seiner Untersuchung mit Cervical-pull Headgear arbeitete. ÖMBLUS [67, 68] und VAN DER LINDEN [103] können diese Erkenntnis nicht bestätigen. Im Gegenteil, sie verzeichnen sogar eine leichte Anteriorrotation der Maxilla.
Um eine solche Nebenwirkung zu verhindern, empfehlen zahlreiche Autoren [6, 45, 56, 86, 98] unbedingt die Anwendung eines High-pull Headgears. Der Kraftansatz soll dabei durch das Resistenzzentrum des Oberkiefers gehen, damit sich keine unerwünschte Posteriorrotation einstellen kann. TEUSCHER [98] postuliert: „Wenn die Klasse I durch Posteriorrotation erreicht wird, dann ist das skelettale Profil unbefriedigend“[98]. Dem stimmen HARVOLD und VARGERVIK [33] zu. Diese Empfehlung scheint sich in der vorliegenden Studie allerdings nicht zu bestätigen, da alle Patienten der MSR-Gruppe mit einem High-pull Headgear behandelt wurden.
Wie auch im Falle des SNA-Winkels handelt es sich bei den vorliegenden Ergebnissen nur um eine tendenzielle Neigungsveränderung, die in der MSR-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe verstärkt auftrat. Beide Gruppen lagen zum Endbefund weiterhin leicht anterior zum Prognathiegrad der Maxilla.

Variable ML-NSL°

Es lässt sich wiederum nur eine tendenzielle Verringerung des Unterkieferneigungsgrades feststellen. Diesmal fällt der ML-NSL-Winkel der Kontrollgruppe (von 30,3° auf 30°) kleiner aus als in der MSR-Gruppe (von 33,9° auf 33,8°). Eine Verkleinerung verzeichnen auch WIESLANDER [107] und RUF [83]. Wie bereits erwähnt fand WIESLANDER [107] eine Anteriorrotation der Maxilla. Die Mandibula folgt der Tendenz der Maxilla und rotiert mit

nach anterior. RUF [83] beobachtete eine Verkleinerung des Inklinationsgrades nach Behandlungsende mit der Herbst-Apparatur. Beide Studien verwendeten festsitzende Geräte und beide Winkelveränderungen erfolgten auf dentaler Ebene.
Für die meisten herausnehmbaren funktionskieferorthopädischen Geräte lässt sich bezüglich des ML-NSL-Winkels bei allen Autoren Einstimmigkeit beobachten. JANSON [42], ÖDEGAARD [66] und MALMGREN [51] verzeichnen alle eine Anteriorrotation als Antwort auf ihre funktionskieferorthopädische Behandlung, aber auch, in etwas geringerem Ausmaß, für deren Kontrollgruppen.
ELDER und TUENGE [24] erhalten im Tierversuch mit Rhesusaffen eine Verkleinerung des ML-NSL-Winkels durch Anteriorrotation.
In dieser Studie ist die Verkleinerung des ML-NSL so gering, dass von einer reinen wachstumsbedingten Veränderung ausgegangen werden muss. Eine Veränderung durch den Einfluss der MSR-Platte in Kombination mit einem Headgear lässt sich somit nicht feststellen.

Variable ML-NL°

So gering die Veränderungen für die einzelnen basalen Inklinationswinkel sind, so gering fallen die Veränderungen für den Interbasalwinkel aus. Die Reduktion ist bei beiden Gruppen etwa gleich ausgeprägt. Damit liegen die Ergebnisse dieser Untersuchung mit jenen von ILLING [38], JANSON [42], FRÄNKEL [27] und ASCHER [3] im Einklang.
Die Erklärung für diese leichten Veränderungen liegt in der wachstumsbedingten Tendenz zur Anteriorrotation der Mandibula.

Index

Die anteriore Gesichtshöhe, die durch den Index gekennzeichnet ist, zeigt im Anfangs-, wie im Endbefund für beide Gruppen eine neutrale basale Relation. Die Vergrößerung des Index ist bei der MSR-Gruppe mit 2,1 % gegenüber 1,2 % im Falle der Kontrollgruppe um 0,9 % stärker. Wie in vielen Studien zur Wirkungsweise von funktionskieferorthopädischen Geräten [17, 19, 20, 21, 26, 27, 38, 54, 104] beobachtet, scheint sich auch bei Behandlung mit der MSR-Platte die untere Gesichtshöhe zu

vergrößern. Bei JANSON [42] zeigen alle behandelten Gruppen Signifikanzen in der Vergrößerung der Sp´-Gn - Strecke gegenüber den Kontrollgruppen.
Trotz der leichten Vergrößerung des NL-NSL und der minimalen Verkleinerung des ML-NSL der zeigen auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit einen Anstieg der unteren Gesichtshöhe. Dies steht im Einklang mit MILLS [59], der ebenfalls keine Veränderung im ML-NSL verzeichnet und dennoch eine Zunahme der unteren Gesichtshöhe konstatiert. Da auch für diesen Wert keine Signifikanz besteht, kann man nicht mit Sicherheit behaupten, dass die MSR-Platte vertikales Wachstum begünstigt, jedoch zeigen die Tendenzen in diese Richtung.
Aufgrund der allgemeinen Erkenntnis, dass funktionskieferorthopädische Geräte die anteriore Untergesichtshöhe vergrößern, sind sie bei Patienten mit offenem Biss kontraindiziert [18, 70, 83].

OK1-UK1°

In der MSR-Gruppe wird der Interinzisalwinkel durch die Behandlung signifikant größer. Das bedeutet, die oberen und unteren Inzisiven stehen deutlich steiler zueinander. In diesem Fall sieht man also eine klinisch und statistisch signifikante Retrusion der oberen sowie der unteren Schneidezähne. In der Kontrollgruppe kommt es zu einer Verkleinerung des Interinzisalwinkels bei unbeeinflusstem Wachstum. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei JANSON [42] und HASUND [35]. JANSON [42] teilt diese Erkenntnis bei der Behandlung mit dem Bionator. ILLING [38] findet bei der Therapie mit der Bass-Platte und dem Bionator die gleichen Ergebnisse.
Die stärksten Veränderungen sind in der vorliegenden Untersuchung für die dentalen Werte verzeichnet worden. Wie in einigen anderen Studien [20, 21, 38, 42, 43, 106] sind auch hier die oberen Inzisivi retrudiert worden und der Overjet wurde reduziert.

Variable OK1-NA (mm)

Für die Strecke OK1-NA kann im unbeeinflussten Wachstum eine allgemeine Neigung zur Vergrößerung und damit einer weiteren Protrusion der oberen Schneidezähne um 0,5 mm festgestellt werden. RICKETTS [78] und MCNAMARA [54] geben bei ihren Kontrollgruppen eine stärkere Tendenz zur Protrusion an als JANSON [42], die nur eine leichte Tendenz zur Vergrößerung der Strecke ausmachen kann.
Durch den Behandlungseinfluss wird die Tendenz der Kontrollgruppe umgekehrt und es zeigt sich eine signifikante Retrusion der oberen Inzisivi. Dies wird als Folge der Einflussnahme durch funktionskieferorthopädische Behandlung erklärt und deckt sich mit den Beobachtungen in anderen Untersuchungen [38, 42, 43, 54, 70, 84].
Bass[5] erklärt, dass durch die Behandlung mit der Bass-Platte besonders im Oberkiefer Frontzahnsegment eine Retrusion der Lippenlinie entsteht. Es handelt sich dabei um eine leichte Kranialbewegung der Dentition und damit einer leichten Bissöffnung aufgrund der Kraftrichtung des Headgears [5, 6]. Ein Lippenschluss wird somit ermöglicht.
CURA [20] verzeichnet eine geringere Retrusionswirkung der Bass-Platte auf die oberen Inzisivi, als er dies für den Aktivator mit Headgear feststellt. Er räumt jedoch ein, dass er im Gegensatz zu BASS [6] möglicherweise mit der Einstellung der Torquefeder auf Schwierigkeiten stieß. Ebenfalls keine nennenswerten Torqueeigenschaften konstatiert MALMGREN [51]. ILLING [38] bekommt durch die Torquefeder zwar weniger Retrusion der Oberkiefer Inzisiven, aber auch weniger Kippung.
Die vorliegenden Ergebnisse aus der MSR-Gruppe zeigen eine Retrusionstendenz der oberen Inzisivi, die auch auf die Wachstumsrestriktion der Maxilla durch den Headgear zurückgeführt werden kann.

Variable UK1-NB (mm)

Im unbeeinflussten Wachstum vergrößert sich die Strecke UK1-NB. In der Arbeit von JANSON [41] verhalten sich die Kontrollgruppen ähnlich. RICKETTS [78] und ILLING [38] stellen jedoch eher eine retrusive Tendenz in der von ihnen verwendeten Kontrollgruppen fest. ILLING [38] begründete dies durch den Halteeffekt, der durch die Unterlippenmuskulatur und -haltung hervorgerufen wird. Eine weitere Erklärung mag darin liegen, dass die von ILLING [38] verwendete Kontrollgruppe aus Patienten bestand, die zwar eine Klasse II/1 Beziehung hatten, jedoch altersmäßig jünger waren, als die

behandelten Patienten. Die umgekehrten Tendenzen könnten auf das Alter der Kontrollpatienten zurückzuführen sein. Alle Patienten der Kontrollgruppe für ILLING´s [38] Studie wurden zu einem späteren Zeitpunkt behandelt.

Bei der MSR-Gruppe findet sich wie auch schon für den Wert OK1-NA eine deutliche Tendenz zur Retrusion der Schneidezahnstellung. Da sich der B-Punkt nicht verändert, muss davon ausgegangen werden, dass es sich bei dieser Bewegung der unteren Inzisiven um eine Inklinationsänderung handelt und nicht um eine körperliche Parallelverschiebung bzw. einer Kombination aus beiden.

Dieses Ergebnis war zunächst etwas unerwartet, da die meisten Autoren eine teils auch unerwünschte Protrusion der unteren Schneidezähne als Behandlungseffekt feststellen [35, 42, 54, 67, 70, 84]. JOFFE und JACOBSON [45] erklären das labiale Wandern durch den permanenten Kontakt mit der Oberkieferschiene. MCNAMARA [54] und RUSHFORTH [84] weisen auf den allgemein bekannten protrusiven Charakter des Funktionsreglers hin. Für sie ist die durch die Lippenpolster ausgeschaltete Unterlippenfunktion bzw. deren Fehlfunktion der Grund für die anteriore Inklination. Je weiter anterior diese Polster angebracht werden, desto stärker ist die anteriore Neigungstendenz [54]. Größere unerwünschte Veränderungen der Inzisivenstellung sind auch bei MALMGREN [52] aufgrund muskulärer Fehlfunktionen (Zungen- und Lippenmuskulatur) aufgetreten. Er empfiehlt deshalb den Einsatz eines Lip-bumper um volle Kontrolle über Inzisivenbewegung zu bekommen. PANCHERZ [70] stellt bei der Behandlung mit der Herbst Apparatur einen totalen Verlust der dentalen Verankerung fest und erklärt damit die veränderte Inzisivenstellung. Bei Anwendung der Bass-Platte jedoch gibt es keinen Verankerungsverlust, weil keine Kraft auf die Unterkieferdentition einwirkt. Somit erklärt sich die von PANCHERZ [70] verzeichnete schwächere Protrusion der mandibulären Inzisivi bei Verwendung der Bass-Platte.

CURA [20] und ILLING [38] können bei Einsatz der Bass-Platte keine signifikanten Protrusionen der unteren Schneidezähne erkennen. Eine geringe Protrusion wird durch die Konstruktionsweise der Bass-Platte erklärt: Die Lingualpolster berühren nur die linguale Mukosa im Unterkiefer. Dadurch entsteht keinerlei Reiz, der auf die mandibuläre Dentition retrusiv wirken kann. Nur die Zunge könnte eine leichte Protrusion hervorrufen. CURA [20] erkennt allerdings bei Anwendung eines Aktivators in Kombination mit einem high-pull Headgear eine leichte Retrusion der Schneidezähne im Unterkiefer. RICKETTS [78] berichtet bei der Verwendung von Cervical-pull Headgears ebenfalls von einer retrusiven Tendenz der Inzisivenstellung. Er begründet dies durch die allgemeine

Wirkung eines Headgears auf die Oberkieferdentition und die Tendenz der unteren Inzisiven ihnen zu folgen [78].
In der vorliegenden Arbeit sind die mandibulären dentalen Veränderungen statistisch und klinisch signifikant. Es handelt sich dabei vorwiegend um ein Halten der unteren Inzisivenstellung mit einer Tendenz zur kompensatorischen Retrusion iniziiert durch die stattgefundene Retrusion der Oberkiefer Inzisiven. So lässt sich schließen, dass durch die Anwendung der MSR-Platte, wie auch bei der Verwendung der Bass-Platte und des Aktivators mit Headgear [20, 21, 70], das oftmals unerwünschte labiale Kippen der mandibulären Inzisivi zumindest indirekt verhindert werden kann.

Sonstige Variablen

Die übrigen Variablen (NSBa, Gn-tgo-Ar, N-Sp´ und Sp´-Gn) zeigen keine nennenswerten Signifikanzen zwischen den jeweiligen Untersuchungsgruppen und werden deshalb nicht weiter diskutiert.

Um genauere Aussagen treffen zu können, müsste die Anzahl des Patientenkollektivs erhöht werden und der Beobachtungszeitraum verlängert werden. Es muss jedoch andererseits erwähnt werden, dass nach einem Zeitraum von ca. 3 Jahren die Compliance erfahrungsgemäß stark nachlässt [1]. Patienten kommen dann auch in ein Alter, in dem besonders Mädchen sehr auf ihr Äußeres bedacht sind und ein Headgear oft nicht mehr tolerieren.

6.4 Schlußfolgerung

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie lassen hinsichtlich morphologischer Veränderungen im skelettalen und dento-alveolären Bereich folgende Schlussfolgerungen für die Behandlung einer Klasse II Malokklusion mit dem funktionskieferorthopädischen Gerät der MSR-Platte zu :

1. Die MSR-Platte bewirkt signifikante dento-alveoläre Veränderungen im Vergleich zur Kontrollgruppe, was bei einer dento-alveolären Klasse II Malokklusion durchaus erstrebenswert ist.

Es findet sowohl für die oberen als auch für die unteren Inzisiven eine Retrusion statt. Die oberen Inzisiven werden durch die Torquefeder gestützt, während die unteren Schneidezähne kompensatorisch ebenfalls nach lingual retrudieren. Eine Protrusion der unteren Inzisiven wird somit verhindert.
In allen Fällen konnte die Klasse II Okklusionsstellung aufgelöst werden.

2. Die MSR-Platte bewirkt zwar keine wesentlichen skelettalen Veränderungen, die deutlich über das natürliche Wachstumsmuster hinausgehen. Dennoch ist ein skelettaler Einfluss auf die Maxilla durch den Einsatz eines high-pull Headgear zu verzeichnen.

Weder für die linearen Werte, noch für die angulären, mit Ausnahme des ANB-Winkels, lassen sich statistisch signifikante oder klinische Veränderungen im skelettalen Bereich feststellen. Dennoch waren die skelettalen und dentalen Veränderungen der behandelten Gruppe im allgemeinen deutlicher, als die der Kontrollgruppe.
Die stärkere Veränderung im SNA-Winkel der MSR-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe lässt sich nicht nur auf eine Stellungsänderung der oberen Inzisiven und damit einer Positionsänderung des A-Punktes zurückführen, sondern auch auf eine Wachstumshemmung der Maxilla. Der ANB-Winkel verkleinert sich aufgrund einer Veränderung des A-Punktes. Trotz funktionskieferorthopädischer Behandlung über einen Zeitraum von einem Jahr deutet das auf eine unveränderte Kieferbasenrelation hin.

Der SNB-Winkel bleibt auch nach der Behandlung mit der MSR-Platte nahezu bei seinem Ausgangswert. Da bei der MSR-Platte auf die, wie bei der Bass-Platte üblichen, Lingualpolster verzichtet wird, ist das Ziel der Behandlung nicht die Wachstumsstimulation des Unterkiefers, sondern die Beeinflussung des maxillären Wachstums bei gleichzeitiger Wachstumsfreigabe der Mandibula, um somit ein harmonischeres Profil zu erzielen.

Folgende leichte Tendenzen der skelettalen Beeinflussung lassen sich erkennen: (1) Der SNA-Winkel verkleinert sich durch den Einsatz der MSR-Platte in Kombination mit einem Headgear aufgrund einer körperlichen Beeinflussung der Maxilla. (2) Der SNB-Winkel tendiert in der MSR-Gruppe eher nach anterior, während er in der Kontrollgruppe eher nach posterior und damit in eine verstärkte retrognathe Stellung weicht. (3) Die anteriore Untergesichtshöhe vergrößert sich tendenziell mehr bei den behandelten Patienten, als in der Kontrollgruppe. Das lässt auf ein artifiziell eingeleitetes Rotationsverhalten der Kieferbasen schließen.

Es besteht eine große interindividuelle Reaktionsbreite auf die Behandlung. Wachstumspotential und -richtung variieren auch innerhalb der Kontrollgruppe sehr stark. Die besten Resultate finden sich bei Patienten mit dento-alveolären Klasse II Malokklusionen und einer günstigen Wachstumsprognose.
Klinisch betrachtet gibt diese Studie einen Hinweis darauf, dass bei der Behandlung einer Klasse II Malokklusion mit der MSR-Platte ähnliche Erfolge erzielt werden können, wie durch die Behandlung mit anderen funktionskieferorthopädischen Geräten wie dem Bionator oder dem Aktivator. Beste Vorraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung mit der MSR-Platte sind eine dento-alveoläre Disharmonie mit skelettaler Harmonie. Die Wachstumsanalyse sollte des weiteren keine Hinweise auf eine skelettal disharmonische Entwicklung zeigen.
Für eine genauere Aussage über die morphologischen Auswirkungen der funktionskieferorthopädischen Platte nach der Münchner-Schule-Rudzki im Vergleich zu anderen funktionskieferorthopädischen Geräten wären im Idealfall ein längerer Untersuchungszeitraum, zusammen mit einer homogeneren Patientengruppe bezüglich des Geschlechts, des Alters, der skelettalen Morphologie und des Wachstumsverhaltens notwendig.

VII. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Wirkung einer Behandlung mit der in der Poliklinik Kieferorthopädie in München entwickelten MSR-Platte (**M**ünchner-**S**chule-**R**udzki) bei Patienten mit einer Angle Klasse II Malokklusion im Vergleich mit einer nicht behandelten Kontrollgruppe, ebenfalls eine Klasse II Malokklusion aufweisend, zu untersuchen und dabei entstehende skelettale und dento-alveoläre Veränderungen festzustellen.

Die retrospektiv angelegte Studie umfasste 26 Patienten, die an der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilans-Universität München behandelt wurden. Für jeden Patienten wurden jeweils zwei Fernröntgenseitenbilder analysiert. Eines unmittelbar vor Therapiebeginn mit der MSR-Platte und eines ca. 12 Monate später, zum Ende des Behandlungszeitraumes. Die Durchzeichnung und Auswertung der Fernröntgenseitenbilder wurde zweimal in einem Abstand von 6 Monaten durchgeführt um mögliche Fehlerquellen auszuschließen.

Die Bewertung der mittels kephalometrischer Analyse ermittelten Röntgenparameter wurde mit Hilfe einer Homogenitätsprüfung, dem 95 % Konfidenzintervall und dem gepaarten Student´s t-Test für gleiche und unterschiedliche Varianzen der Mittelwerte durchgeführt.

Die Untersuchung erbrachte nach kephalometrischer Auswertung der Fernröntgenseitenbilder folgende Ergebnisse:

1. Bei der Auswertung der Veränderungen während des Behandlungszeitraumes traten für folgende Variablen signifikante Unterschiede auf: ANB, PgNB (mm), OK1-UK1, OK1-NA (mm) und UK1-NB (mm). (Ausführliche Erklärungen der Winkelbezeichnungen sind auf den Seiten 43ff zu finden)

a) Trotz einer relativen Stabilität der Winkel SNA und SNB (siehe Seiten 43ff für die Erklärung der Winkelbezeichnungen) in beiden Gruppen verkleinerte sich der ANB-

Winkel in der behandelten Gruppe signifikant. Die Verkleinerung des ANB-Winkels (siehe Seite 47) in der MSR-Gruppe beruht auf eine Veränderung der sagittalen Position des A-Punktes. Hervorgerufen wird diese Verkleinerung durch die extraorale Kraftanwendung eines high-pull Headgears.

b) Die größten Veränderungen wurden bei den dentalen Werten verzeichnet. Die oberen, sowie die unteren Inzisiven wurden aufgrund der Behandlung retrudiert, wodurch sich auch der Wert für den Interinzisalwinkel vergrößert. Die Entwicklung der Kontrollgruppe ist gegenläufig.

c) Die Kinnprominenz zeigt während des Behandlungszeitraumes eine deutlich größere Prominenzzunahme in der Kontrollgruppe, als in der MSR-Gruppe, obwohl nur geringe Änderungen des B-Punktes (siehe S. 43) und eine sehr leichte Rotationstendenz der Mandibula zu erkennen waren.

2. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann gefolgert werden, dass neben signifikanten auch kleinere, tendenzielle Veränderungen stattgefunden haben. Diese waren einfach nicht groß oder konsistent genug um in einer Mittelwertanalyse statistische Signifikanz zu erlangen. Die Maxilla wird durch die Behandlung tendenziell gehalten. Auch die anteriore Untergesichtshöhe wird durch die Behandlung größer, eine Tendenz, die bei anderen funktionskieferorthopädischen Geräten schon seit längerem bekannt ist.

3. Aus den Mittelwerten des Anfangsbefundes ergibt sich trotz individueller Schwankungen für beide Untersuchungsgruppen ein vergleichbarer Gesichtstyp, der im orthognathen Bereich liegt. Die vertikale Relation ist ausgewogen (N2).

4. Bei einem Vergleich von Mittelwerten besteht die Gefahr, die Auswirkungen der Behandlung auf einzelne Variablen so zu verschleiern, dass diese unter Umständen zur Korrektur der Malokklusion bestimmter Patienten signifikant beitragenden Werte nicht erkannt werden.

Die vorliegende kephalometrische Studie ergibt einen Hinweis darauf, dass die MSR-Platte ihren Indikationsbereich bei dento-alveolär bedingten Klasse II Malokklusionen

findet. Leichte skelettale Disharmonien lassen sich bei günstiger Wachstumsprognose ebenfalls beeinflussen. Es sollte dennoch zum Abschluss der Behandlung der Einsatz festsitzender Apparate in Erwägung gezogen werden, um eine Feineinstellung der dentalen Harmonie vorzunehmen.

VIII. LITERATURVERZEICHNIS

1. Aelbers C.M.F., Dermaut L.R.; Orthopädie in der Orthodontie – Ein Literaturüberblick. IOK 1999;31:65-84
2. Andresen V., Häupl K., Petrik; Funktionskieferorthopädie. Die Grundlagen des Norwegischen Systems.: Barth, München 1957
3. Ascher F.; Hemmung und Enthemmung bei Anwendung moderner Aktivatoren. Fortschr Kieferorthop 1964;25:490-501
4. Ascher F.; Praktische Kieferorthopädie.: Urban & Schwarzenberg, München 1968
5. Bass N. M.; An Efficient Removable Appliance System. Br J Orthod 1969;459-462
6. Bass N. M.; Dento-Facial Orthopedics in the Correction of Class II Malocclusion. Br J Orthod 1982;9:3-31
7. Bass N. M.; Dento-Facial Orthopedics in the Correction of Class II Malocclusion. In: McNamara J.A. Jr.(editor): Clinical alterations in the growing face. Craniofacial growth series. Monograph 14:193-251 Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor 1983
8. Bass N. M.; Innovation in Skelettal Class II Treatment Including Effective Incisor Root Torque in a Preliminary Removable Appliance Phase. Br J Orthod 1975;3:223-230
9. Baume L.J.; Reihenuntersuchungen über die normale Gebissentwicklung. Dtsch Zahnärztl Z 1949;4:427-432
10. Berdrow M.; Beitrag zum Entwicklungsverlauf des normalen Milchgebisses von der Geburt bis zu 3,5 Jahren. Med Diss Leipzig 1957
11. Bishara S.E., Ziaja R.R.; Functional appliances: A review. Am J Orthod Dentofac Orthop 1989;95:250-258
12. Björk A.; Cranial Base Development. Am J Orthod 1955;41:198-225
13. Björk A.; Prediction of mandibular growth rotation. Am J Orthod 1969;55:585-599
14. Broadbent B.H. Sr., Broadbent B.H Jr., Golen W.H.; Bolton Standards of dentofacial developmental Growth. The C.V. Mosby Company, St. Louis 1975
15. Brodie A.G.; On the growth of the jaws and the eruption of the teeth. Angle Orthod 1942;12.3:109-123

16. Chaconas S.J., Caputo A.A., Davis J.C.; The effects of orthopedic forces on the craniofacial complex utilizing cervical and headgear appliances. Am J Orthod 1976;69:527-539
17. Creekmore T.D.; Inhibition or Stimulation of the Vertical Growth of the Facial Complex, Its Significance to Treatment. Angle Orthodont 1967;37:285-297
18. Creekmore T.D., Radney L.J.; Fränkel appliance therapy: orthopedic or orthodontic? Am J Orthod 1983;83:89-108
19. Cross J.J.; Facial growth, before, during and following orthodontic treatment. Am J Orthod 1977;71:68-78
20. Cura N., Müyesser S., Öztürk Y., Sürmeli N.; Orthodontic and orthopedic effects of Activator, Activator-HG combination, and Bass appliances: A comprehensive study. Am J Orthod Dentofac. Orthop. 1996;110(1):36-45
21. Cura N., Sarac M.; The effect of treatment with the Bass appliance on skeletal Class II maloccusions: a cephalometric investigation. Eur J Orthod 1997;19:691-702
22. Dahlberg G.; Statistical methods for medical and biological students.: Interscience publications, New York 1940
23. Droschl H., Graber T.M.; The effect of heavy orthopedic forces on the sutures of the facial bones. In: Dalberg A.A., Graber T.M. (editors), Orofacial growth and development.: Monton Press, The Hague 1977
24. Elder J.R., Tuenge R.J.; Cephalometric and histologic changes produced by extra-oral high-pull traction to the maxilla of macaca mulatta. Am J Orthod 1974;66:599-617
25. Enlow D., Handbuch des Gesichtswachstums.: Quintessenz, München 1989
26. Fränkel Ch., Fränkel R.; Der Funktionsregler in der orofacialen Orthopädie.: Huthig, Heidelberg 1992
27. Fränkel R. ; The treatment of Class II, Division 1 malocclusion with functional correctors. Am J Orthod 1969;55:265-275
28. Graber T.M.; Dentofacial orthopedics. In: Graber T.M. (editor), current orthodontic concepts and techniques. Saunders WB Company, Philadelphia 1975;I:365-452
29. Graber T.M., Rakosi, Petrovic A.; Dentofacial Orthopedics with functional Appliances. C.V. Mosby Company St. Louis 1985
30. Graber T.M.; Panoramic radiography in orthodontic diagnosis. Am J Orthod 1967;53: 781-798
31. Hansen K., Pancherz H., Hägg U.; Long-term effects of the Herbst appliance in relation to the treatment growth period: A cephalometric study. Eur J Orthod 1991;13:471-481

32. Hansson C., Sköld B., Lindner-Aronson S.; Die Behandlung mit der Hansaplatte-Headgear-Kombination bei Jugendlichen. Fortschr Kieferorthop 1997;58:16-29
33. Harvold E.P., Vargervik K.; Morphogenetic response to activator treatment. Am J Orthod 1971;60:478
34. Hasund A.; Klinische Kephalometrie für die Bergen-Technik. Hansadont, Bergen 1973
35. Hasund A.; Die Stellung der unteren Schneidezähne in Bezug auf die kieferorthopädische Behandlung. Inf Orthodont Kieferorthop 1969;1H2:22
36. Hoffmann-Axthelm W.; Die Geschichte der Zahnheilkunde.: Quintessenz, Berlin-Chicago- London-Rio de Janeiro- Tokyo 1985
37. Hotz R.; Orthodontie in der täglichen Praxis: Möglichkeiten und Grenzen im Rahmen der Kinderzahnheilkunde.: Huber H., Bern 1980
38. Illing H. M., Morris D. O., Lee R.T.; A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part I – the hard tissues. Eur J Orthod 1998;20:501-516
39. Isaacson K.G., Reed R.T., Stephens C.D. ; Functional orthopedic appliance. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne 1990
40. Janson I.; Bionator – Modifikationen in der kieferorthopädischen Therapie. Hanser Verlag, München 1987
41. Janson I.; Morphologische Kriterien für die Indikation einer Behandlung mit der Bionatormodifikation nach Ascher. Fortschr Kieferorthop 1987;48:71-84
42. Janson I.; Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. Habil.-Schr. München 1977: Quintessenz, Berlin 1978
43. Janson I.; Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. Fortschr Kieferorthop 1978;78:62-76
44. Janson I., Überla K.; Faktorenanalytische Auswertung einer Untersuchung über die Wirkungsweise des Bionators. Fortschr Kieferorthop 1979;40:494-503
45. Joffe L., Jacobson A.; The maxillary orthopedic splint. Am J Orthod 1979;75:54-69
46. Kahl-Nieke B.; Einführung in die Kieferorthopädie.: Urban & Schwarzenberg, München 1995
47. Kemble J.V.H.; Underdevelopment of the maxilla related to the absence of cartilaginous nasal septum. Br Plast Surg 1973;26:266-270

48. Korkhaus G.; Biometrische Gebiss- und Kieferorthopädie. In: Bruhn C. Handbuch der Zahnheilkunde, Bd. 4: Gebiss-, Kiefer- und Gesichtsorthopädie. Bergmann, München 1939:140-152
49. Lavergne J.; Morphogenetic Classification of Malocclusion as a Basis for Growth Prediction and Treatment Planning. Br J Orthod 1982;9:132-145
50. Linden F. van der, Gesichtswachstum und orofaziale Orthopädie.: Quintessenz, München 1984
51. Malmgren O., Ömblus J., Hägg U., Pancherz H.; Treatment with an orthopedic appliance system in relation to treatment intensity and growth periods. Am J Orthod Dentofac. Orthop. 1987;91:143-151
52. Malmgren O., Ömblus J.; Treatment with an orthopedic appliance system. Eur J Orthod 1985;7:205-214
53. Mamandras A.H., Allen L.P. ; Mandibular response to orthodontic treatment with the Bionator appliance. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990;97:113-119
54. McNamara J.A. Jr., Bookstein F.L., Shaughnessy T.G.; Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on Class II patients. Am J Orthod 1985;88:91-109
55. McNamara J.A. Jr., Carlson D.S.; Quantitative analysis of temporomandibular joint adaptations to protrusive function. Am J Orthod 1979;76:593-611
56. Merrifield L., Cross J.J.; Directional forces. Am J Orthod 1970;57:435-464
57. Midtgard J., Björk G., Lindner-Aronson S.; Reproductibility of Cephalometric Landmarks and Errors of Measurements of Cephalometric Cranial Distances. Angle Orthod 1974;44:56-61
58. Miethke R., Drescher D.; Kleines Lehrbuch der Angle Klasse II/1 unter besonderer Berücksichtigung der Behandlung.: Quintessenz, München 1996
59. Mills J.R.E., Orth D.; The effect of functional appliances on the skeletal pattern. Br J Orthod 199;18:267-275
60. Moorrees C.F.A.; The dentition of the growing child – A longitudinal study of dental development between 3 and 18 years of age.: Harvard University Press, Cambridge Mass. 1959
61. Moss M.L., Salentjin L.; The primary role of the functional matrix in facial growth. Am J Orthod 1969a;55:566-577
62. Moss M.L., Salentjin L.; The capsular matrix. Am J Orthod 1969b;56:474-490
63. Müller G.H.; Die extraorale Verankerung. Fortschr Kieferorthop 1966;27:417-428

64. Nanda R.S.; The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. Angle Orthod 1955;19:658-673
65. Ödegaard J.; Growth in the mandible studied with the aid of metal implants. Am J Orthod 1970;57:145
66. Ödegaard J.; Mandibular rotation studied with the aid of metal implant. Am J Orthod 1970;58:448
67. Ömblus J., Malmgren O.; Dental changes in the mandible during initial Bass appliance therapy. Eur J Orthod 1998;20:17-23
68. Ömblus J., Malmgren O., Hägg U.; Mandibular growth during initial treatment with the Bass orthopedic appliance in relation to age and growth periods. Eur J Orthod 1997;19 :47-55
69. Pancherz H., Hoyer B., Zieber K.; An atlas of skeletofacial morphology in Class II malocclusion. Angle Orthod 1997;67(2):111-120
70. Pancherz H., Malmgren O., Hägg U., Ömblus J., Hansen K.; Class II correction in Herbst and Bass Therapy. Eur J Orthod 1989;11:17-30
71. Pancherz H.; The Herbst appliance – Its biologic effects and clinical use. Am J Orthod 1985;87:1-20
72. Pancherz H.; The mechanism of Class II correction in Hebst appliance treatment. Am J Orthod 1982;82:104-113
73. Pancherz H.; A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment. Am J Orthod 1984;85:125-134
74. Petrovic A.G., Stutzmann J.J., Oudet C.L.; Control processes in the postnatal growth of the condylar cartilage of the mandible. In: Determinants of Mandibular Form and Growth, J.A. McNamara, Jr. (editor), Monograph 4, Craniofacial growth series, Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, 1975
75. Petrovic A.G., Oudet C.L., Shaye R.; Unterkieferpropulsion durch eine im Oberkiefer fixierte Vorbissführung mit seitlicher Bisssperre von unterschiedlicher Höhe hinsichtlich der täglichen Dauer der Behandlung Fortschr Kieferorthop 1982;43(4):243-270
76. Posselt P.; Der Headgear. Theoretische Grundlagen und praktische Anwendung. 1987
77. Proffit W.R.; Contemporary orthodontics.: C.V. Mosby, St. Louis 1986:208-11,242-243
78. Ricketts R.M.; The Influence Of Orthodontic Treatment On Facial Growth And Development. Angle Orthod 1960;30:103-133

79. Riolo M.L., Moyers R.E., McNamara J.A., Hunter W.S.; An Atlas of craniofacial growth. Monograph 2, Craniofacial growth series, Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, Ann Arbor, 1974
80. Rudzki-Janson I., Noachtar R. ; Functional Appliance Therapy With the Bionator. Seminars in Orthodontics 1998;4:33-45
81. Ruf S., Baltromejus S., Pancherz H.; Effective condylar growth and chin position changes in activator treatment: a cephalometric roentgenographic study. Angle Orthod 2001; 71(1):4-11
82. Ruf S., Pancherz H.; Anpassung des Kiefergelenkwachstums bei jungen Erwachsenen und Behandlung mit der Herbstapparatur. IOK 1998;30:581-596
83. Ruf S., Pancherz H.; The effect of Herbst appliance treatment on the mandibular plane angle: A cephalometric roentgenographic study. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996;110:225-229
84. Rushforth C.D.J., Gordon P.H., Aird J.C.; Skeletal and Dental Changes Following the Use of the Fränkel Functional Regulator. Br J Orthod 1999;26:127-134
85. Schmuth G.P.F., Vardimon A.D.; Kieferorthopädie.: Thieme, Stuttgart 1994
86. Schudy F.F., Vertial growth versus anteroposterior growth as related to function and treatment. Angle Orthod 1964;34:75-93
87. Schumacher G.-H.; Anatomie. Edition Zahnheilkunde Bd. 1: J.A.Barth, Leipzig 1991
88. Schulze C.; Lehrbuch der Kieferorthopädie, Bd. 3: Quintessenz, Berlin 1982
89. Schwarz A. M.; Die Bedeutung des Fernröntgenseitenbildes für die Kieferorthopädie. Fortschr Kieferorthop 1959;20:22-38
90. Scott J.H.; Growth at facial structures. Am J Orthod 1956;42:381-7
91. Scott J.H.; Dentofacial development and growth.: Pergamon Press, Oxford 1967
92. Segner D., Hasund A.; Individualisierte Kephalometrie.: Dietmar Segner Verlag, Hamburg 1994
93. Steinhäuser E, Rudzki-Janson I.; Kieferorthopädische Chirurgie Band I. Grundlagen zur Behandlungsplanung und Behandlungsdurchführung.: Quintessenz, Berlin 1988
94. Steinhäuser E, Rudzki-Janson I.; Kieferorthopädische Chirurgie Band II. Eine interdisziplinäre Aufgabe.: Quintessenz, Berlin 1994
95. Stöckli P.W., Ben-Zur E.D., Hotz R.P.; Zahnmedizin bei Kindern und Jugendlichen.: Thieme, Stuttgart 1994
96. Stöckli P.W., Willert H.; Tissue reactions in the temporomandibular joint resulting from anterior displacement of the mandible in the monkey. Am J Orthod 1971;60:142-155

97. Teuscher U. ; Ein Konzept zur Behandlung der skelettalen Kl II unter Berücksichtigung des Wachstums. Informationen 1979;1:41-61

98. Teuscher U.; Sagittale und vertikale Gesichtspunkte bei der Distalbißbehandlung. Fortschr Kieferorthop 1978;39:225-233

99. Toutenbourg H., Fieger A., Kastner C.; Deskriptive Statistik.: Prentice Hall, München 1998

100. Toutenbourg H., Toutenbourg S.,Walther W. ; Datenanalyse und Statistik für Zahnmediziner.: Hanser Verlag, München 1991

101. Tulloch J.F.C., Medland W., Tuncay O.C.; Methods used to evaluate growth modification in Class II malocclusion. Am J Orthod Dentofac Orthop 1990;98:340-347

102. Tulloch J.F.C., Phillips C., Koch G., Proffitt W.R.; The effect of early intervention on skeletal pattern in Class II malocclusion: a randomized clinical trial. Am J Orthod Dentofac Orthop 1997;111(4):391-400

103. Van der Linden Frans; Gesichtswachstum und faziale Orthopädie.: Quintessenz, München 1984

104. Vargervik K., Harvold E.; Response to activator treatment in Class II malocclusions. Am J Orthod 1985;88:242-252

105. Wassiljeff P.N.; The Treatment Effect of the Functional Hansa – Appliance in Class II Malocclusion on the Soft Tissue Profile. Kieferorthop Mitteilungen 1995;9:143-151

106. Wieslander L.; Intensive treatment of severe Class II malocclusions with a headgear-Herbst appliance in the early mixed dentition. Am J Orthod 1984;86:1-13

107. Wieslander L.; The effect of orthodontic treatment on the concurrent development of the cranio-facial complex. Am J Orthod 1963;49:15-27

108. Wieslander L.; The effect of force on craniofacial development. Am J Orthod 1974;65:531-537

109. Wolfstädter U.; Die Münchner Schule (II). Quintessenz Zahntech 2001;27,1:75-8

IX. ANHANG

Anhang A: Populations- und Kenngrößen der einzelnen Variablen und des Alters zur Bestimmung der Homogenität und Normalverteilung der Werte.

Variablen und Altersangaben der Untersuchungsgruppe 1:

Die MSR-Gruppe

Alter t1		*Alter t2*	
Mittelwert	10,2	Mittelwert	11,4
Standardfehler	0,4	Standardfehler	0,4
Median	9,9	Median	11,2
Standardabweichung	1,9	Standardabweichung	1,9
Stichprobenvarianz	3,9	Stichprobenvarianz	3,7
Kurtosis	-0,39	Kurtosis	-0,4
Schiefe	-0,29	Schiefe	-0,2
Wertebereich	7,9	Wertebereich	7,5
Minimum	5,5	Minimum	7
Maximum	13,4	Maximum	14,5
Summe	264,1	Summe	295,6
Anzahl	26	Anzahl	26

SNA t1		*SNA t2*	
Mittelwert	80,3	Mittelwert	79,6
Standardfehler	0,6	Standardfehler	0,6
Median	79,8	Median	79
Standardabweichung	3,32	Standardabweichung	3,3
Stichprobenvarianz	11,0	Stichprobenvarianz	10,9
Kurtosis	-0,9	Kurtosis	-0,6
Schiefe	0,0	Schiefe	0,1
Wertebereich	11,6	Wertebereich	12,9
Minimum	74,4	Minimum	73
Maximum	85,9	Maximum	85,9
Summe	2088,4	Summe	2070,3
Anzahl	26	Anzahl	26

SNB t1		*SNB t2*	
Mittelwert	75,1	Mittelwert	75,1
Standardfehler	0,7	Standardfehler	0,7
Median	75,4	Median	74,8
Standardabweichung	3,5	Standardabweichung	3,6
Stichprobenvarianz	12	Stichprobenvarianz	13,2
Kurtosis	-0,3	Kurtosis	-0,4
Schiefe	0,2	Schiefe	0,1
Wertebereich	14,3	Wertebereich	14,7
Minimum	67,9	Minimum	67,9
Maximum	82,3	Maximum	82,6
Summe	1952,7	Summe	1953,9
Anzahl	26	Anzahl	26

ANB t1		*ANB t2*	
Mittelwert	5,2	Mittelwert	4,5
Standardfehler	0,4	Standardfehler	0,4
Median	4,8	Median	4
Standardabweichung	1,9	Standardabweichung	1,9
Stichprobenvarianz	3,8	Stichprobenvarianz	3,5
Kurtosis	0,1	Kurtosis	3,4
Schiefe	0,6	Schiefe	1,21
Wertebereich	8	Wertebereich	9,3
Minimum	2	Minimum	1,3
Maximum	10	Maximum	10,5
Summe	135,8	Summe	116,6
Anzahl	26	Anzahl	26

Pg-NB(mm) t1		*Pg-NB(mm) t2*	
Mittelwert	1,8	Mittelwert	2
Standardfehler	0,38	Standardfehler	0,4
Median	1,4	Median	1,6
Standardabweichung	1,8	Standardabweichung	1,8
Stichprobenvarianz	3,1	Stichprobenvarianz	3,3
Kurtosis	0,9	Kurtosis	0,7
Schiefe	1	Schiefe	0,9
Wertebereich	7	Wertebereich	7,3
Minimum	-0,6	Minimum	-0,7
Maximum	6,5	Maximum	6,6
Summe	46,6	Summe	52,6
Anzahl	26	Anzahl	26

NSBa t1		*NSBa t2*	
Mittelwert	131,9	Mittelwert	132
Standardfehler	1	Standardfehler	1
Median	132,7	Median	132,4
Standardabweichung	5,1	Standardabweichung	4,9
Stichprobenvarianz	26,54	Stichprobenvarianz	24,1
Kurtosis	-0,0	Kurtosis	1
Schiefe	-0,5	Schiefe	-0,4
Wertebereich	20,5	Wertebereich	16,6
Minimum	120,4	Minimum	122,4
Maximum	140,8	Maximum	139
Summe	3428,3	Summe	3431,8
Anzahl	26	Anzahl	26

Gn-tgo-Ar t1		*Gn-tgo-Ar t2*	
Mittelwert	124,9	Mittelwert	124,4
Standardfehler	1,2	Standardfehler	1,0
Median	124,8	Median	125,1
Standardabweichung	6	Standardabweichung	5,4
Stichprobenvarianz	35,9	Stichprobenvarianz	29,3
Kurtosis	-0,0	Kurtosis	-0,2
Schiefe	-0,3	Schiefe	-0,1
Wertebereich	25	Wertebereich	22
Minimum	110,7	Minimum	112,8
Maximum	135,6	Maximum	134,8
Summe	3247	Summe	3235,5
Anzahl	26	Anzahl	26

NL-NSL t1		*NL-NSL t2*	
Mittelwert	7,4	Mittelwert	8,1
Standardfehler	0,5	Standardfehler	0,54
Median	6, 5	Median	8,2
Standardabweichung	2,8	Standardabweichung	2,4
Stichprobenvarianz	7,9	Stichprobenvarianz	5,7
Kurtosis	-0,4	Kurtosis	-0,3
Schiefe	0,8	Schiefe	0,2
Wertebereich	9,6	Wertebereich	9,4
Minimum	3,7	Minimum	3,8
Maximum	13,3	Maximum	13,2
Summe	191,8	Summe	211,3
Anzahl	26	Anzahl	26

ML-NSL t1		*ML-NSL t2*	
Mittelwert	33,9	Mittelwert	33,8
Standardfehler	0,8	Standardfehler	0,8
Median	33,7	Median	33,7
Standardabweichung	4,3	Standardabweichung	4,3
Stichprobenvarianz	19,2	Stichprobenvarianz	18,5
Kurtosis	-0,7	Kurtosis	-0,4
Schiefe	-0,2	Schiefe	-0,2
Wertebereich	16	Wertebereich	16,2
Minimum	24,2	Minimum	23,6
Maximum	40,2	Maximum	39,8
Summe	881,7	Summe	878,4
Anzahl	26	Anzahl	26

ML-NL t1		*ML-NL t2*	
Mittelwert	26,5	Mittelwert	25,7
Standardfehler	0,9	Standardfehler	0,9
Median	26,8	Median	26,3
Standardabweichung	4,9	Standardabweichung	4,6
Stichprobenvarianz	24,5	Stichprobenvarianz	21,5
Kurtosis	2,4	Kurtosis	2,3
Schiefe	-1	Schiefe	-1
Wertebereich	22,9	Wertebereich	21,8
Minimum	11,2	Minimum	11,2
Maximum	34	Maximum	32,9
Summe	689,8	Summe	667,1
Anzahl	26	Anzahl	26

N-Sp`(mm) t1		*N-Sp`(mm) t2*	
Mittelwert	53	Mittelwert	54,4
Standardfehler	0,6	Standardfehler	0,7
Median	52,5	Median	54,9
Modus	51,9	Modus	51,6
Standardabweichung	3,2	Standardabweichung	3,5
Stichprobenvarianz	10,3	Stichprobenvarianz	12,1
Kurtosis	-0,8	Kurtosis	-0,8
Schiefe	0, 2	Schiefe	-0,2
Wertebereich	11,3	Wertebereich	12,8
Minimum	47,4	Minimum	47, 5
Maximum	58,6	Maximum	60,2
Summe	1379	Summe	1415,5
Anzahl	26	Anzahl	26

Sp`-Gn(mm) t1		*Sp`-Gn(mm) t2*	
Mittelwert	62,7	Mittelwert	64,3
Standardfehler	0,8	Standardfehler	0,7
Median	62,7	Median	65,5
Modus	62,9	Modus	65,6
Standardabweichung	4	Standardabweichung	3,7
Stichprobenvarianz	16,4	Stichprobenvarianz	13,6
Kurtosis	0,0	Kurtosis	-0,4
Schiefe	0,1	Schiefe	-0,5
Wertebereich	18	Wertebereich	14,7
Minimum	54	Minimum	56
Maximum	72,1	Maximum	70,7
Summe	1629,2	Summe	1672,3
Anzahl	26	Anzahl	26

Index % t1		*Index % t2*	
Mittelwert	83,8	Mittelwert	86,0
Standardfehler	1,3	Standardfehler	1,5
Median	83,1	Median	85,5
Standardabweichung	6,4	Standardabweichung	7,4
Stichprobenvarianz	41,5	Stichprobenvarianz	55
Kurtosis	4,9	Kurtosis	3,1
Schiefe	1,5	Schiefe	1,1
Wertebereich	32,6	Wertebereich	37
Minimum	73,5	Minimum	72,1
Maximum	106,1	Maximum	109,1
Summe	2180,1	Summe	2235,8
Anzahl	26	Anzahl	26

Ok1-Uk1 t1		*Ok1-Uk1 t2*	
Mittelwert	125,2	Mittelwert	128,3
Standardfehler	1,8	Standardfehler	1,6
Median	125,6	Median	127,7
Standardabweichung	9,3	Standardabweichung	8,5
Stichprobenvarianz	85,7	Stichprobenvarianz	72,2
Kurtosis	-0,5	Kurtosis	-1
Schiefe	-0,0	Schiefe	0,0
Wertebereich	34,6	Wertebereich	29,1
Minimum	107	Minimum	114,9
Maximum	141,6	Maximum	144
Summe	3256,7	Summe	3336
Anzahl	26	Anzahl	26

Ok1-NA(mm) t1		*Ok1-NA(mm) t2*	
Mittelwert	3,4	Mittelwert	2,9
Standardfehler	0,4	Standardfehler	0,4
Median	3,6	Median	2, 9
Standardabweichung	2,3	Standardabweichung	1,9
Stichprobenvarianz	5,5	Stichprobenvarianz	3,6
Kurtosis	0,0	Kurtosis	-0,1
Schiefe	0,0	Schiefe	-0,5
Wertebereich	9,6	Wertebereich	7,4
Minimum	-1,2	Minimum	-1,9
Maximum	8,5	Maximum	5,5
Summe	89,7	Summe	74,4
Anzahl	26	Anzahl	26

Uk1-NB(mm) t1		*Uk1-NB(mm) t2*	
Mittelwert	4,4	Mittelwert	3,9
Standardfehler	0,3	Standardfehler	0,4
Median	4,3	Median	3,5
Standardabweichung	1, 8	Standardabweichung	2
Stichprobenvarianz	3	Stichprobenvarianz	4
Kurtosis	0,2	Kurtosis	3,7
Schiefe	0,2	Schiefe	1,5
Wertebereich	7,5	Wertebereich	9,6
Minimum	0,9	Minimum	1
Maximum	8,4	Maximum	10,7
Summe	113,9	Summe	102,4
Anzahl	26	Anzahl	26

Variablen und Altersangaben der Untersuchungsgruppe 2:

Die Bolton-Gruppe

Alter t1		*Alter t2*	
Mittelwert	10,2	Mittelwert	11,5
Standardfehler	0,4	Standardfehler	0,3
Median	10	Median	11,5
Standardabweichung	1,9	Standardabweichung	1,7
Stichprobenvarianz	3,4	Stichprobenvarianz	2,9
Kurtosis	-1,3	Kurtosis	-1,2
Schiefe	0,0	Schiefe	-0,0
Wertebereich	6,1	Wertebereich	5
Minimum	7	Minimum	9
Maximum	13,1	Maximum	14
Summe	265	Summe	298,1
Anzahl	26	Anzahl	26

SNA t1		*SNA t2*	
Mittelwert	80,72	Mittelwert	80,5
Standardfehler	0, 5	Standardfehler	0,5
Median	80,8	Median	80, 5
Standardabweichung	2,4	Standardabweichung	2,5
Stichprobenvarianz	5,7	Stichprobenvarianz	6
Kurtosis	-0, 4	Kurtosis	-0,0
Schiefe	-0,0	Schiefe	0,2
Wertebereich	8,9	Wertebereich	10
Minimum	76,4	Minimum	75,7
Maximum	85,3	Maximum	85,7
Summe	2098,3	Summe	2093,3
Anzahl	26	Anzahl	26

SNB t1		*SNB t2*	
Mittelwert	76,1	Mittelwert	76
Standardfehler	0, 6	Standardfehler	0,5
Median	76,2	Median	76
Standardabweichung	3	Standardabweichung	2,7
Stichprobenvarianz	8,6	Stichprobenvarianz	7,4
Kurtosis	-0,5	Kurtosis	0,2
Schiefe	0,1	Schiefe	-0,0
Wertebereich	11,1	Wertebereich	11,8
Minimum	70,9	Minimum	70,3
Maximum	82	Maximum	82,1
Summe	1979	Summe	1977,4
Anzahl	26	Anzahl	26

ANB t1		*ANB t2*	
Mittelwert	4,6	Mittelwert	4, 5
Standardfehler	0,4	Standardfehler	0,4
Median	3,95	Median	3,9
Standardabweichung	1,9	Standardabweichung	1,9
Stichprobenvarianz	3,6	Stichprobenvarianz	3,5
Kurtosis	0,3	Kurtosis	0,6
Schiefe	0,9	Schiefe	1
Wertebereich	7,6	Wertebereich	7,3
Minimum	2	Minimum	1,9
Maximum	9,6	Maximum	9,2
Summe	119	Summe	115,8
Anzahl	26	Anzahl	26

PgNB(mm) t1		*PgNB(mm) t2*	
Mittelwert	1,6	Mittelwert	2,4
Standardfehler	0,3	Standardfehler	0,3
Median	2	Median	2,4
Standardabweichung	1,6	Standardabweichung	1,6
Stichprobenvarianz	2,6	Stichprobenvarianz	2,7
Kurtosis	-0,8	Kurtosis	-0,5
Schiefe	-0,1	Schiefe	-0,1
Wertebereich	6,2	Wertebereich	6,2
Minimum	-1,5	Minimum	-0,9
Maximum	4,7	Maximum	5,3
Summe	42,6	Summe	61,6
Anzahl	26	Anzahl	26

NSBa t1		*NSBa t2*	
Mittelwert	129,7	Mittelwert	129,9
Standardfehler	1	Standardfehler	1
Median	129,6	Median	129,7
Standardabweichung	4,9	Standardabweichung	5,0
Stichprobenvarianz	24	Stichprobenvarianz	25,3
Kurtosis	-0,7	Kurtosis	-0,8
Schiefe	0, 2	Schiefe	0,2
Wertebereich	17,4	Wertebereich	18,2
Minimum	121,4	Minimum	121,2
Maximum	138,8	Maximum	139,4
Summe	3372,4	Summe	3378,4
Anzahl	26	Anzahl	26

Gn-tgo-Ar t1		*Gn-tgo-Ar t2*	
Mittelwert	124	Mittelwert	123,6
Standardfehler	1,1	Standardfehler	1,2
Median	122,4	Median	123,3
Standardabweichung	5,8	Standardabweichung	6,2
Stichprobenvarianz	33,1	Stichprobenvarianz	38,1
Kurtosis	0,1	Kurtosis	-0,1
Schiefe	0,9	Schiefe	0,7
Wertebereich	21,9	Wertebereich	23,4
Minimum	116,5	Minimum	115
Maximum	138,4	Maximum	138,4
Summe	3222,1	Summe	3213,9
Anzahl	26	Anzahl	26

NL-NSL t1		*NL-NSL t2*	
Mittelwert	7,8	Mittelwert	8,2
Standardfehler	0,5	Standardfehler	0,5
Median	7,9	Median	8
Standardabweichung	2,8	Standardabweichung	2,5
Stichprobenvarianz	7,8	Stichprobenvarianz	6,3
Kurtosis	1,3	Kurtosis	0,3
Schiefe	0,3	Schiefe	-0,3
Wertebereich	13,3	Wertebereich	10,8
Minimum	1,9	Minimum	2
Maximum	15,2	Maximum	12,8
Summe	201,5	Summe	213,6
Anzahl	26	Anzahl	26

ML-NSL t1		*ML-NSL t2*	
Mittelwert	30,3	Mittelwert	30
Standardfehler	1,4	Standardfehler	1,3
Median	30,1	Median	30,3
Standardabweichung	7,1	Standardabweichung	6,9
Stichprobenvarianz	51	Stichprobenvarianz	47
Kurtosis	-0,0	Kurtosis	0,5
Schiefe	-0,2	Schiefe	-0,4
Wertebereich	29,4	Wertebereich	28,8
Minimum	14,5	Minimum	14,5
Maximum	43,9	Maximum	43,3
Summe	789	Summe	781
Anzahl	26	Anzahl	26

ML-NL t1		*ML-NL t2*	
Mittelwert	26,	Mittelwert	25,4
Standardfehler	1	Standardfehler	1
Median	26	Median	24,7
Standardabweichung	5,4	Standardabweichung	5,6
Stichprobenvarianz	29,1	Stichprobenvarianz	30,9
Kurtosis	-0,7	Kurtosis	-0,1
Schiefe	0,0	Schiefe	0,3
Wertebereich	19,9	Wertebereich	22
Minimum	16,4	Minimum	16,5
Maximum	36,3	Maximum	38,5
Summe	680,8	Summe	660,3
Anzahl	26	Anzahl	26

N-Sp´(mm)t1		*N-Sp´(mm)t2*	
Mittelwert	49	Mittelwert	50,6
Standardfehler	0,7	Standardfehler	0,7
Median	49	Median	50,3
Standardabweichung	3,7	Standardabweichung	3,4
Stichprobenvarianz	13,6	Stichprobenvarianz	11,5
Kurtosis	0,4	Kurtosis	0,7
Schiefe	0,6	Schiefe	0,6
Wertebereich	15,3	Wertebereich	14,5
Minimum	43,6	Minimum	45,4
Maximum	58,9	Maximum	59,9
Summe	1274,6	Summe	1315,2
Anzahl	26	Anzahl	26

Sp´-Gn(mm)t1		*Sp´-Gn(mm)t2*	
Mittelwert	58,6	Mittelwert	59,6
Standardfehler	0,7	Standardfehler	0,8
Median	59,3	Median	59,6
Standardabweichung	3,7	Standardabweichung	3,9
Stichprobenvarianz	14	Stichprobenvarianz	15,4
Kurtosis	-0,1	Kurtosis	0,3
Schiefe	-0,1	Schiefe	-0,2
Wertebereich	16,1	Wertebereich	17,1
Minimum	49,8	Minimum	50
Maximum	65,9	Maximum	67,1
Summe	1523,1	Summe	1549,1
Anzahl	26	Anzahl	26

Index % t1		*Index % t2*	
Mittelwert	83,8	Mittelwert	85
Standardfehler	1,1	Standardfehler	1,1
Median	83,3	Median	85,2
Standardabweichung	5,6	Standardabweichung	5,6
Stichprobenvarianz	31,8	Stichprobenvarianz	31,8
Kurtosis	0, 4	Kurtosis	0,0
Schiefe	-0,0	Schiefe	-0,1
Wertebereich	24,7	Wertebereich	23,4
Minimum	70,4	Minimum	73,4
Maximum	95,1	Maximum	96,8
Summe	2178,8	Summe	2210,5
Anzahl	26	Anzahl	26

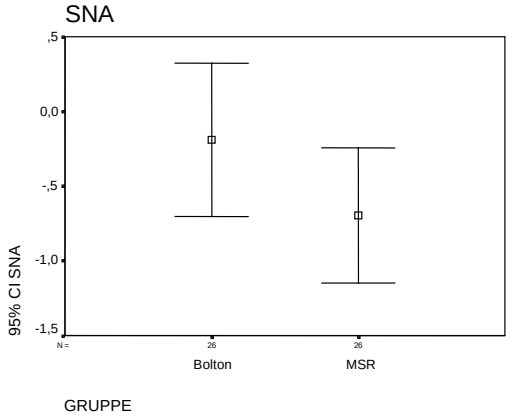
Ok1-Uk1 t1		*Ok1-Uk1 t2*	
Mittelwert	130, 7	Mittelwert	130,2
Standardfehler	2	Standardfehler	2,2
Median	131	Median	131
Standardabweichung	10	Standardabweichung	11,3
Stichprobenvarianz	100,3	Stichprobenvarianz	128,2
Kurtosis	-0,0	Kurtosis	-1
Schiefe	-0,0	Schiefe	0,2
Wertebereich	42,6	Wertebereich	39,7
Minimum	108,8	Minimum	112
Maximum	151,4	Maximum	151,7
Summe	3397,5	Summe	3384,2
Anzahl	26	Anzahl	26

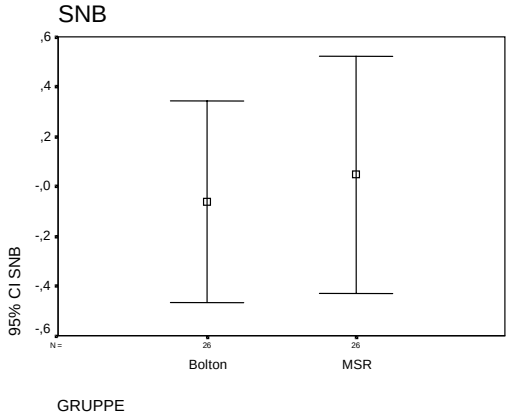
Ok1-NA(mm) t1		*Ok1-NA(mm) t2*	
Mittelwert	2,3	Mittelwert	3,05
Standardfehler	0,3	Standardfehler	0,3
Median	2,1	Median	3
Standardabweichung	1,7	Standardabweichung	1,9
Stichprobenvarianz	2,8	Stichprobenvarianz	3,6
Kurtosis	-0,4	Kurtosis	-0,7
Schiefe	0,4	Schiefe	0,1
Wertebereich	6,4	Wertebereich	6,3
Minimum	-0,7	Minimum	0
Maximum	5,7	Maximum	6,3
Summe	59,8	Summe	79,3
Anzahl	26	Anzahl	26

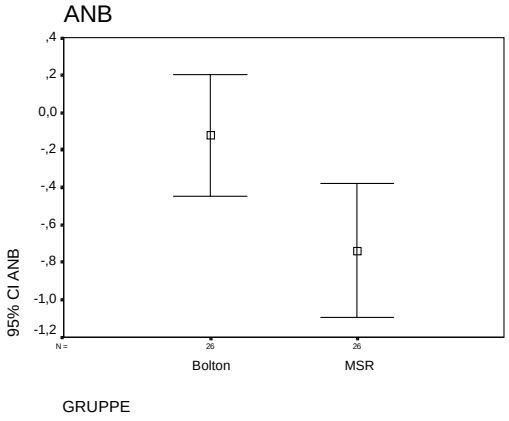
Uk1-NB(mm) t1		*Uk1-NB(mm) t2*	
Mittelwert	3,2	Mittelwert	3,7
Standardfehler	0,4	Standardfehler	0,4
Median	3,1	Median	3,7
Standardabweichung	1,8	Standardabweichung	2
Stichprobenvarianz	3,4	Stichprobenvarianz	3,9
Kurtosis	1,9	Kurtosis	0,5
Schiefe	0,6	Schiefe	0,3
Wertebereich	8,5	Wertebereich	8,5
Minimum	0,1	Minimum	0,2
Maximum	8,6	Maximum	8,7
Summe	82,4	Summe	95,3
Anzahl	26	Anzahl	26

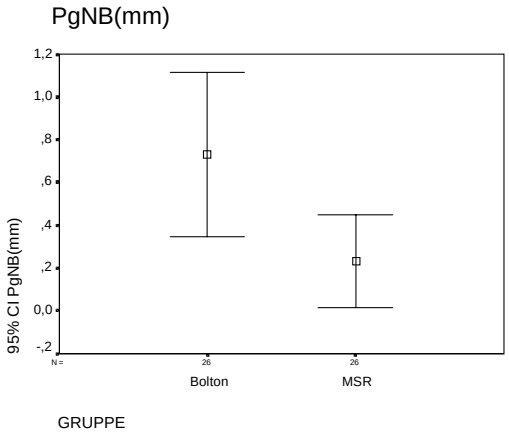
Anhang B: Grafische Übersicht der Homogenität der Beiden Untersuchungsgruppen anhand von Error-Bar Diagrammen.

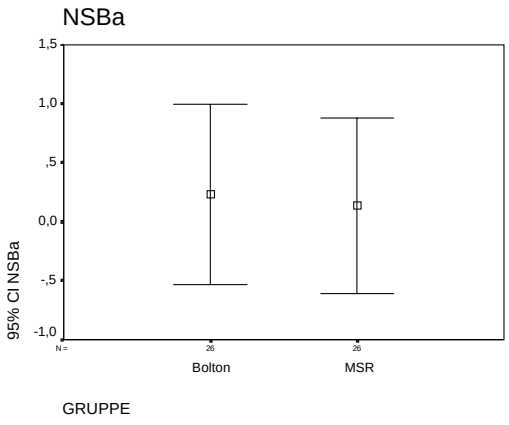
Überlappen die zwei Graphen, so besteht Homogenität.

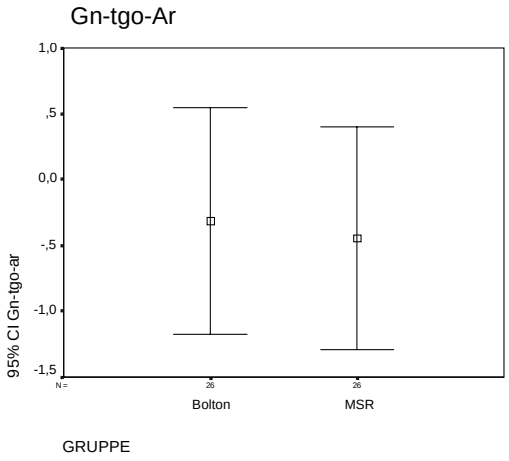


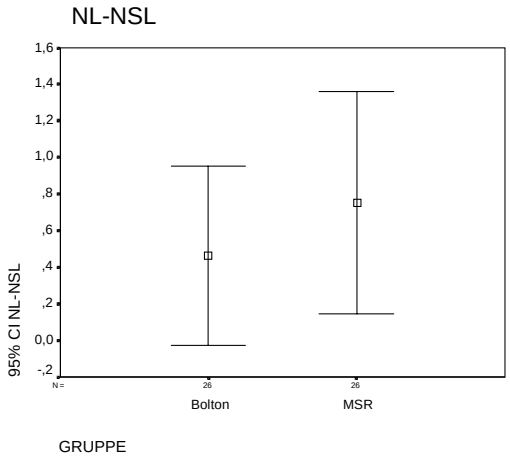


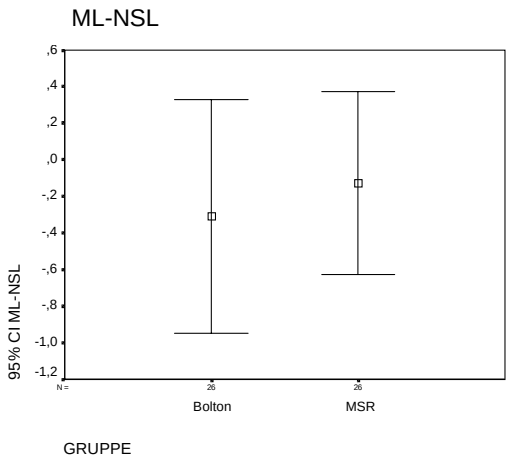


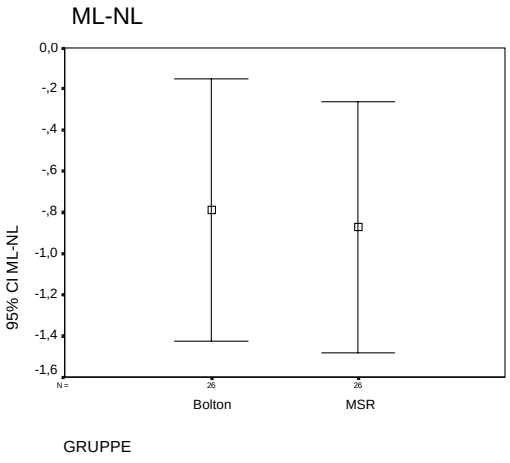

PgNB(mm)
1,2
1,0
,8
,6
,4
,2
0,0
-,2
95% CI PgNB(mm)
N =
26
26
Bolton
MSR
GRUPPE


NSBa
1,5
1,0
,5
0,0
-,5
-1,0
95% CI NSBa
N =
26
26
Bolton
MSR
GRUPPE

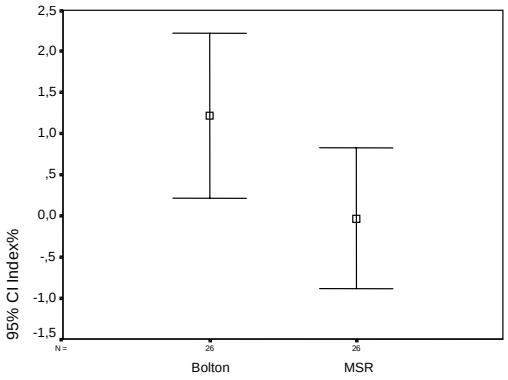

Gn-tgo-Ar
1,0
,5
0,0
-,5
-1,0
-1,5
95% CI Gn-tgo-ar
N =
26
26
Bolton
MSR
GRUPPE


NL-NSL
95% CI NL-NSL
1,6
1,4
1,2
1,0
,8
,6
,4
,2
0,0
-,2
N =
26
26
Bolton
MSR
GRUPPE


ML-NSL
95% CI ML-NSL
,6
,4
,2
,0
-,2
-,4
-,6
-,8
-1,0
-1,2
N =
26
26
Bolton
MSR
GRUPPE

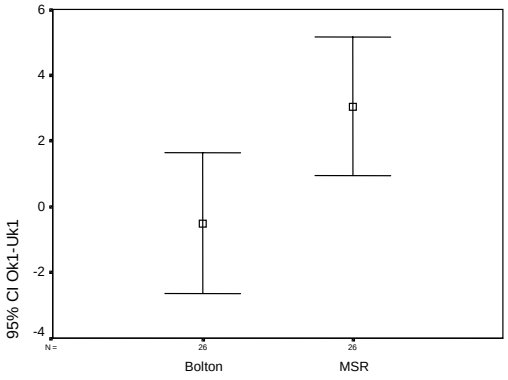

ML-NL
95% CI ML-NL
0,0
-,2
-,4
-,6
-,8
-1,0
-1,2
-1,4
-1,6
N =
26
26
Bolton
MSR
GRUPPE

Index %



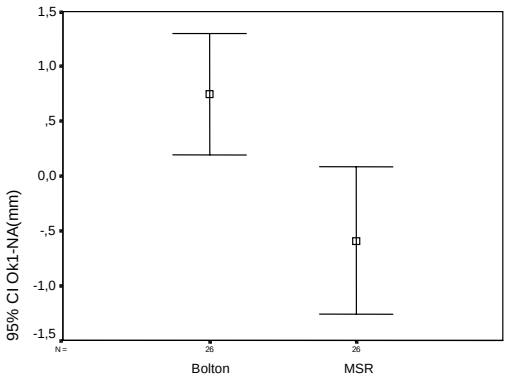
GRUPPE

Ok1-Uk1



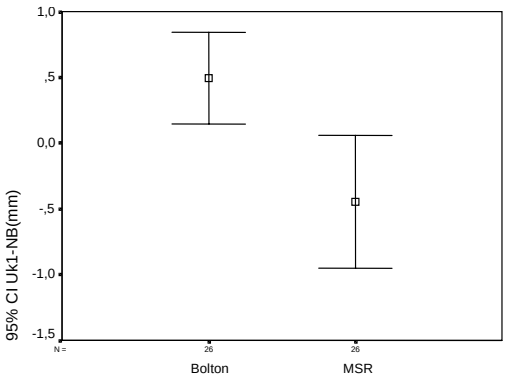
GRUPPE

Ok1-NA (mm)



GRUPPE

Uk1-NB (mm)



GRUPPE

Anhang C: Mittelwerte und Standardabweichungen der gemessenen kephalometrischen Parameter für die MSR-Gruppe und die Bolton-Gruppe.

Mittelwerte und Standardabweichungen für die Variablen der MSR-Gruppe:

		Zeitpunkt t1	Zeitpunkt t2	Differenz t2-t1
Alter	Mittelwert	10,2	11,4	1,2
	Standardabw.	2	1,9	0,3
SNA	Mittelwert	80,3	79,7	-0,7
	Standardabw.	3,3	3,3	1,1
SNB	Mittelwert	75,1	75,1	0
	Standardabw.	3,5	3,6	1,1
ANB	Mittelwert	5,2	4,5	-0,7
	Standardabw.	1,9	1,9	0,9
PgNB (mm)	Mittelwert	1,8	2	0,2
	Standardabw.	1,8	1,8	0,5
NSBa	Mittelwert	131, 9	132	0,1
	Standardabw.	5,1	4,9	1,8
Gn-tgo-Ar	Mittelwert	124,9	124,4	-0,4
	Standardabw.	6	5,4	2,1
NL-NSL	Mittelwert	7,4	8,1	0,8
	Standardabw.	2,8	2,4	1,5
ML-NSL	Mittelwert	33,9	33,8	-0,1
	Standardabw.	4,4	4,3	1,2
ML-NL	Mittelwert	26,5	25,7	-0,9
	Standardabw.	4,9	4,6	1,5
N-Sp´ (mm)	Mittelwert	53	54,4	1,4
	Standardabw.	3,2	3,5	1,2
Sp´-Gn (mm)	Mittelwert	63,5	63,5	1,7
	Standardabw.	3,9	3,7	1,3
Index %	Mittelwert	83,8	86	2,1
	Standardabw.	6,4	7,4	2,4
Ok1-Uk1	Mittelwert	125,3	128,3	3
	Standardabw.	9,3	8,5	5,2
Ok1-NA (mm)	Mittelwert	3,4	2,9	-0,6
	Standardabw.	2,3	1,9	1,7
Uk1-NB (mm)	Mittelwert	4,4	3,9	-0,4
	Standardabw.	1, 8	2	1,3

Mittelwerte und Standardabweichungen für die Variablen der Bolton-Gruppe:

		Zeitpunkt t1	Zeitpunkt t2	Differenz t2-t1
Alter	Mittelwert	10,2	11,5	1, 3
	Standardabw.	1,9	1,7	0,5
SNA	Mittelwert	80,7	80,5	-0, 2
	Standardabw.	2,4	2,5	1,3
SNB	Mittelwert	76,1	76	0
	Standardabw.	2,9	2,7	1
ANB	Mittelwert	4,6	4, 5	-0,1
	Standardabw.	1,9	1,9	0,8
PgNB (mm)	Mittelwert	1,6	2,4	0,7
	Standardabw.	1,6	1,6	0,9
NSBa	Mittelwert	129,7	129,9	0,2
	Standardabw.	4,9	5	1,9
Gn-tgo-Ar	Mittelwert	123,9	123,6	-0,3
	Standardabw.	5,8	6,1	2,1
NL-NSL	Mittelwert	7,8	8,2	0, 5
	Standardabw.	2,8	2,5	1,2
ML-NSL	Mittelwert	30,3	30	-0,3
	Standardabw.	7,1	6,9	1,6
ML-NL	Mittelwert	26,2	25,4	-0, 8
	Standardabw.	5,4	5,6	1,6
N-Sp´ (mm)	Mittelwert	49	50,6	1,6
	Standardabw.	3,7	3,4	1,2
Sp´-Gn (mm)	Mittelwert	58,6	59,6	1
	Standardabw.	3,7	3,9	1
Index %	Mittelwert	83,8	85	1,2
	Standardabw.	5,6	5,6	2,5
Ok1-Uk1	Mittelwert	130, 7	130,1	-0,5
	Standardabw.	10	11,3	5,3
Ok1-NA (mm)	Mittelwert	2,3	3	0,8
	Standardabw.	1,7	1,9	1,4
Uk1-NB (mm)	Mittelwert	3,2	3,7	0,5
	Standardabw.	1,8	2	0,9

Anhang D: Übersicht der durchgeführten T-Test Statistiken

T-Test

Gruppenstatistiken

	GRUPPE	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Alter	Bolton	26	1,273	,517	,101
	MSR	26	1,212	,263	5,154E-02
SNA	Bolton	26	-,192	1,268	,249
	MSR	26	-,698	1,117	,219
SNB	Bolton	26	-6,15E-02	1,0052	,1971
	MSR	26	4,615E-02	1,1738	,2302
ANB	Bolton	26	-,1231	,8026	,1574
	MSR	26	-,7385	,8877	,1741
PgNB(mm)	Bolton	26	,731	,946	,186
	MSR	26	,233	,542	,106
NSBa	Bolton	26	,231	1,887	,370
	MSR	26	,137	1,846	,362
Gn-tgo-ar	Bolton	26	-,315	2,140	,420
	MSR	26	-,444	2,096	,411
NL-NSL	Bolton	26	,465	1,212	,238
	MSR	26	,752	1,506	,295
ML-NSL	Bolton	26	-,3077	1,5809	,3100
	MSR	26	-,1269	1,2382	,2428
ML-NL	Bolton	26	-,7885	1,5756	,3090
	MSR	26	-,8712	1,5110	,2963
N-Sp´(mm)	Bolton	26	1,562	1,193	,234
	MSR	26	2,306	3,129	,614
Sp´-Gn(mm)	Bolton	26	1,0000	1,0123	,1985
	MSR	26	1,5904	1,4426	,2829
Index%	Bolton	26	1,2192	2,4768	,4857
	MSR	26	2,3727	2,2746	,4461
Ok1-Uk1	Bolton	26	-,5115	5,2958	1,0386
	MSR	26	3,0538	5,2469	1,0290
Ok1-NA(mm)	Bolton	26	,750	1,378	,270
	MSR	26	-,587	1,674	,328
Uk1-NB(mm)	Bolton	26	,4962	,8651	,1697
	MSR	26	-,4442	1,2534	,2458

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit	
		F	Signifikanz
Alter	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	7,590	,008
SNA	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,053	,819
SNB	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,247	,621
ANB	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,035	,853
PgNB(mm)	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	4,369	,042
NSBa	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,002	,965
Gn-tgo-ar	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,241	,625
NL-NSL	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	4,837	,033
ML-NSL	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,478	,493
ML-NL	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,035	,853
N-Sp´(mm)	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	4,180	,046
Sp´-Gn(mm)	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	3,052	,087
Index%	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,677	,414
Ok1-Uk1	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	,009	,927
Ok1-NA(mm)	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	2,495	,121
Uk1-NB(mm)	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	1,433	,237

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit			
		T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz
Alter	Varianzen sind gleich	,541	50	,591	6,154E-02
	Varianzen sind nicht gleich	,541	37,096	,592	6,154E-02
SNA	Varianzen sind gleich	1,526	50	,133	,506
	Varianzen sind nicht gleich	1,526	49,218	,133	,506
SNB	Varianzen sind gleich	-,355	50	,724	-,1077
	Varianzen sind nicht gleich	-,355	48,845	,724	-,1077
ANB	Varianzen sind gleich	2,622	50	,012	,6154
	Varianzen sind nicht gleich	2,622	49,501	,012	,6154
PgNB(mm)	Varianzen sind gleich	2,329	50	,024	,498
	Varianzen sind nicht gleich	2,329	39,805	,025	,498
NSBa	Varianzen sind gleich	,182	50	,856	9,423E-02
	Varianzen sind nicht gleich	,182	49,976	,856	9,423E-02
Gn-tgo-ar	Varianzen sind gleich	,219	50	,827	,129
	Varianzen sind nicht gleich	,219	49,979	,827	,129
NL-NSL	Varianzen sind gleich	-,756	50	,453	-,287
	Varianzen sind nicht gleich	-,756	47,823	,453	-,287
ML-NSL	Varianzen sind gleich	-,459	50	,648	-,1808
	Varianzen sind nicht gleich	-,459	47,287	,648	-,1808
ML-NL	Varianzen sind gleich	,193	50	,848	8,269E-02
	Varianzen sind nicht gleich	,193	49,913	,848	8,269E-02
N-Sp´(mm)	Varianzen sind gleich	-1,133	50	,263	-,744
	Varianzen sind nicht gleich	-1,133	32,116	,266	-,744
Sp´-Gn(mm)	Varianzen sind gleich	-1,708	50	,094	-,5904
	Varianzen sind nicht gleich	-1,708	44,817	,095	-,5904
Index%	Varianzen sind gleich	-1,749	50	,086	-1,1535
	Varianzen sind nicht gleich	-1,749	49,642	,086	-1,1535
Ok1-Uk1	Varianzen sind gleich	-2,439	50	,018	-3,5654
	Varianzen sind nicht gleich	-2,439	49,996	,018	-3,5654
Ok1-NA(mm)	Varianzen sind gleich	3,143	50	,003	1,337
	Varianzen sind nicht gleich	3,143	48,211	,003	1,337
Uk1-NB(mm)	Varianzen sind gleich	3,148	50	,003	,9404
	Varianzen sind nicht gleich	3,148	44,413	,003	,9404

Test bei unabhängigen Stichproben

		T-Test für die Mittelwertgleichheit		
		Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
			Untere	Obere
Alter	Varianzen sind gleich	,114	-,167	,290
	Varianzen sind nicht gleich	,114	-,169	,292
SNA	Varianzen sind gleich	,332	-,160	1,172
	Varianzen sind nicht gleich	,332	-,160	1,172
SNB	Varianzen sind gleich	,3031	-,7164	,5011
	Varianzen sind nicht gleich	,3031	-,7168	,5014
ANB	Varianzen sind gleich	,2347	,1440	1,0868
	Varianzen sind nicht gleich	,2347	,1438	1,0869
PgNB(mm)	Varianzen sind gleich	,214	6,844E-02	,928
	Varianzen sind nicht gleich	,214	6,570E-02	,930
NSBa	Varianzen sind gleich	,518	-,946	1,134
	Varianzen sind nicht gleich	,518	-,946	1,134
Gn-tgo-ar	Varianzen sind gleich	,587	-1,051	1,309
	Varianzen sind nicht gleich	,587	-1,051	1,309
NL-NSL	Varianzen sind gleich	,379	-1,048	,475
	Varianzen sind nicht gleich	,379	-1,049	,476
ML-NSL	Varianzen sind gleich	,3938	-,9718	,6102
	Varianzen sind nicht gleich	,3938	-,9729	,6114
ML-NL	Varianzen sind gleich	,4281	-,7773	,9426
	Varianzen sind nicht gleich	,4281	-,7773	,9427
N-Sp´(mm)	Varianzen sind gleich	,657	-2,064	,575
	Varianzen sind nicht gleich	,657	-2,082	,593
Sp´-Gn(mm)	Varianzen sind gleich	,3456	-1,2846	,1038
	Varianzen sind nicht gleich	,3456	-1,2866	,1058
Index%	Varianzen sind gleich	,6595	-2,4781	,1712
	Varianzen sind nicht gleich	,6595	-2,4783	,1714
Ok1-Uk1	Varianzen sind gleich	1,4620	-6,5019	-,6288
	Varianzen sind nicht gleich	1,4620	-6,5020	-,6288
Ok1-NA(mm)	Varianzen sind gleich	,425	,482	2,191
	Varianzen sind nicht gleich	,425	,482	2,191
Uk1-NB(mm)	Varianzen sind gleich	,2987	,3405	1,5403
	Varianzen sind nicht gleich	,2987	,3386	1,5422

DANKSAGUNG

Für die freundliche Zurverfügungstellung der Patientendateien und die Möglichkeit, die Einrichtungen der Poliklinik für Kieferorthopädie nutzen zu dürfen, möchte ich mich bei Frau Professor Dr. Rudzki und Ihren Mitarbeiterinnen Frau Basli und Frau Klene bedanken.

Mein weiterer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. Thomas Sagner und Frau Dr. Regine Noachtar für ihre Hilfestellungen und Unterstützung.

Für die unermüdliche Hilfestellung und Geduld bedanke ich mich des weiteren bei der guten Seele der Klinikbibliothek, Frau Todt.

Abschließend gilt mein Dank noch meinen Eltern, die mich über die gesamte Zeit unterstützt, geleitet und nie an mir gezweifelt haben. Sowie meinem Mentor und Vorbild Dr. Dr. Hans Spitzer, dem ich unendlich viel zu verdanken habe.

Curriculum Vitae

Name:	Nina Cathérine Schmutzler
Geburtsdatum:	26.06.1974
Geburtsort:	München
Eltern:	Dr. George E. Schmutzler, Diplomkaufmann Monika Schmutzler, Geb. Deml, Innendekorateurin
Familienstand:	Ledig
Staatsangehörigkeit:	Deutsch
Schulische Ausbildung:	1980 - 1984 Deutsche Schule New York 1984 – 1990 Deutsche Schule London 1990 – 1993 Gymnasium Tegernsee 1993 Abitur
Universitätsausbildung:	Herbst 1993 – Frühjahr 1994 Universität Frankfurt am Main Seit Frühjahr 1994 Ludwig-Maximilians-Universität München Februar 2000 zahnärztliche Prüfung und Approbation als Zahnärztin September 2000 – November 2001 Ausbildungsassistentin Seit Januar 2002 in fachärztlicher Weiterbildung für Oralchirurgie