

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

**Langzeituntersuchung Bionator-behandelter  
Patienten 20 Jahre nach Behandlungsende.  
Modellanalyse**

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

vorgelegt von:

Anita Ochlich

aus

Split

2005

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Volkmar Jansson  
Priv. Doz. Dr. Jürgen Manhart

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Dr. Regine Noachtar

Dekan: Prof. Dr. D. Reinhardt

Tag der mündlichen Prüfung: 15.11.2005

Za moju obitelj

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Kieferorthopädie</b> .....	<b>1</b>
1.1.1	Geschichte der Kieferorthopädie .....	2
<b>1.2</b>	<b>Regelrechter kieferorthopädischer Befund: Eugnathie</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3</b>	<b>Klasse-II-Dysgnathie</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4</b>	<b>Funktionskieferorthopädie</b> .....	<b>7</b>
1.4.1	Funktionskieferorthopädische Geräte.....	11
1.4.2	Bionator nach ASCHER (A-Bionator).....	14
1.4.2.1	Indikation .....	17
1.4.2.2	Wirkungsweise.....	19
<b>1.5</b>	<b>Modellanalyse</b> .....	<b>20</b>
<b>1.6</b>	<b>Indizes in der Kieferorthopädie</b> .....	<b>23</b>
1.6.1	Verschiedene Index Typen.....	23
1.6.2	Geschichte der kieferorthopädischen Indizes.....	25
<b>1.7</b>	<b>Langzeitstudien in der Literatur</b> .....	<b>28</b>
<b>1.8</b>	<b>Fragestellung</b> .....	<b>34</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methode</b> .....	<b>35</b>
<b>2.1</b>	<b>Patientengut</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2</b>	<b>Modellanalyse</b> .....	<b>39</b>
<b>2.3</b>	<b>PAR Index</b> .....	<b>44</b>
<b>2.4</b>	<b>Statistische Methoden</b> .....	<b>53</b>
<b>2.5</b>	<b>Fehleranalyse</b> .....	<b>55</b>

---

<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>60</b>
<b>3.1</b>	<b>Modellanalyse</b> .....	<b>60</b>
3.1.1	Overjet.....	60
3.1.2	Overbite.....	62
3.1.3	Unterkiefer Zahnbogenform .....	63
3.1.3.1	Zahnbogenlänge im UK ( $L_U$ ) .....	63
3.1.3.2	Intereckzahnbreite im UK.....	65
3.1.3.3	Anteriore Zahnbogenbreite im UK.....	67
3.1.3.4	Posteriore Zahnbogenbreite im UK.....	69
3.1.4	Oberkiefer Zahnbogenform .....	70
3.1.4.1	Zahnbogenlänge im OK ( $L_O$ ).....	70
3.1.4.2	Anteriore Zahnbogenbreite im OK .....	72
3.1.4.3	Posteriore Zahnbogenbreite im OK.....	73
<b>3.2</b>	<b>PAR Index</b> .....	<b>75</b>
3.2.1	PAR Index Werte zu allen Untersuchungszeitpunkten.....	75
3.2.2	PAR Index Entwicklung während der Bionator-Behandlung (T1-T2).....	83
3.2.3	PAR Index Entwicklung im gesamten Beobachtungszeitraum (T1-T4) ...	85
3.2.4	PAR Index Ergebnisse zur Langzeitstabilität des Behandlungserfolges ..	87
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>89</b>
<b>4.1</b>	<b>Overjet</b> .....	<b>89</b>
<b>4.2</b>	<b>Overbite</b> .....	<b>90</b>
<b>4.3</b>	<b>Unterkiefer Zahnbogenform</b> .....	<b>91</b>
4.3.1	Zahnbogenlänge im UK ( $L_U$ ).....	91
4.3.2	Intereckzahnbreite im UK .....	92
4.3.3	Anteriore Zahnbogenbreite im UK.....	93
4.3.4	Posteriore Zahnbogenbreite im UK .....	93
<b>4.4</b>	<b>Oberkiefer Zahnbogenform</b> .....	<b>94</b>
4.4.1	Zahnbogenlänge im OK ( $L_O$ ) .....	94

---

4.4.2	Anteriore Zahnbogenbreite im OK.....	95
4.4.3	Posteriore Zahnbogenbreite im OK.....	97
<b>4.5</b>	<b>PAR Index .....</b>	<b>97</b>
4.5.1	Kritische Beurteilung .....	100
4.5.2	Mitarbeit .....	101
4.5.3	Vergleichsgruppe .....	103
4.5.4	Gewichtungsfaktoren.....	103
4.5.5	Anwendung des PAR Index im Wechselgebiss.....	104
4.5.6	Beurteilung von Behandlungsergebnissen .....	106
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>107</b>
<b>6</b>	<b>Bibliographie .....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>128</b>
7.1	Abbildungsverzeichnis .....	128
7.2	Tabellenverzeichnis .....	129
7.3	Datentabelle Modellanalyse.....	131
7.4	Friedman Test.....	142
7.5	Datentabelle Dahlberg-Fehler.....	143
7.6	PAR Index Analyseblatt .....	144
<b>8</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>145</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>147</b>

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Kieferorthopädie

Das Fachgebiet der Kieferorthopädie als Teildisziplin der Zahnmedizin definiert sich nach SCHMUTH (1973) (131) wie folgt:

„Kieferorthopädie ist die Lehre von der **Erkennung** und **Behandlung** von Dysgnathien. Der Begriff Dysgnathie umfasst alle Abweichungen, die sich im Verlauf und nach dem Ende einer fehlerhaften bzw. einer regelwidrigen Entwicklung des Kauorgans ergeben.“

Die Begriffsbestimmung des PSCHYREMBEL von 1998 unterscheidet sich etwas von obiger Definition aus den 70er Jahren. So versteht man dort unter Kieferorthopädie die „**Erkennung, Prophylaxe** und **Behandlung** einer fehlerhaften Stellung der Zähne oder einer veränderten Lagebeziehung der Kiefer sowie von Dysplasien der Zähne und der Kiefer. Therapeutische Hilfsmittel sind herausnehmbare oder festsitzende kieferorthopädische Apparate sowie myofunktionelle u. a. Behandlungsmethoden.“

Demzufolge kristallisieren sich aus beiden Definitionen die drei Säulen der Kieferorthopädie heraus: Das **Erkennen**, das **Verhüten** und das **Behandeln** von Zahn- und Kieferfehlstellungen.

Zum Terminus „Kieferorthopädie“ sei gesagt, dass er erst neueren Datums ist, da im deutschen Sprachgebiet bis in die 30er Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts hinein die Bezeichnung „Orthodontie“ üblich war. Dieser Begriff ist bis heute noch im anglo-amerikanischen und romanischen Sprachgebiet gebräuchlich. Doch nach dem Verständnis der meisten deutschen Kieferorthopäden – vor allem derer, die noch die

Hochphase der Funktionskieferorthopädie aktiv miterlebt haben - ist die Bezeichnung „Kieferorthopädie“ dem der „Orthodontie“ vorzuziehen.

Beide Begriffe beinhalten zwar den griechischen Wortteil „ortho-“, welches „gerade, aufgerichtet, richtig“ bedeutet, jedoch impliziert die Bezeichnung „Orthodontie“ lediglich eine Beschäftigung mit der korrekten Stellung von Zähnen (odont- = Wortteil mit der Bedeutung „Zahn“). Demgegenüber impliziert die Bezeichnung „Kieferorthopädie“ ein umfassenderes Betätigungsfeld mit dem ganzen Kiefer und kommt somit dem klinischen Alltag der Kieferorthopäden näher, indem es das gesamte stomatognathe System umfasst. Dieser Gedankengang scheint mittlerweile auch in den kieferorthopädischen Fachkreisen der USA Anhänger gefunden zu haben, so dass die bedeutendste kieferorthopädische Fachzeitschrift der Welt *American Journal of Orthodontics* seit den 90er Jahren in *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* umbenannt worden ist.

### 1.1.1 Geschichte der Kieferorthopädie

SCHOPF (2000) (132) skizziert in seinem Lehrbuch kurz die Geschichte der Kieferorthopädie: So beginnt die Beschäftigung des Menschen mit Zahn- und Kieferfehlstellungen schon im Altertum. Bereits HIPPOKRATES beschrieb 400 v. Chr. Unregelmäßigkeiten der Zahnstellung. Jahrhunderte später empfahl CELSUS (25 v. – 50 n. Chr.) die Entfernung von Milchzähnen bei Durchbruch der bleibenden Zähne und griff somit als erster aktiv in die natürliche Entwicklung des stomatognathen Systems ein. Im 2. Jahrhundert nach Christus beschrieb GALEN (129 – 199) erstmals die Methode der approximalen Schmelzreduktion zur Platzgewinnung.

Erst in der Neuzeit (1619) hat FABRICIUS die Extraktion von Zähnen zur Therapie eines Engstandes beschrieben. FAUCHARD verwendete 1728 einen Außenbogen aus Elfenbein als erste therapeutische Apparatur, während 1750 HUNTER bereits einen Metallbogen mit Ligaturen anwandte.

Heutzutage stehen dem Behandler bei seinem kieferorthopädischen Bemühen, Zahn- und Gebissfehlstellungen zu therapieren, eine große Anzahl und auch Bandbreite an apparativen Behelfen zur Verfügung. Man unterscheidet primär zwischen abnehmbaren und festsitzenden Apparaturen. Außerdem kommen ebenso intraorale, als auch extraorale Geräte zum Einsatz.

Neben der großen Variation an möglichen Apparaturen zeichnet sich das Fachgebiet der Kieferorthopädie auch dadurch aus, dass sich im Laufe der Geschichte eine Vielzahl von „Schulen“ herausgebildet haben, die unterschiedliche Einstellungen in Bezug auf Diagnose und Therapie vertreten und nebeneinander existieren. Hinter jedem Therapiekonzept steckt ein bestimmter Denkansatz und ein dementsprechendes Behandlungskonzept, von denen die Funktionskieferorthopädie eines darstellt.

## **1.2 Regelrechter kieferorthopädischer Befund: Eugnathie**

Beim regelrechten kieferorthopädischen Befund sollen gemäß JANSON 1982 (73) alle Funktionen des stomatognathen Systems – also Nahrungsaufnahme und Nahrungszerkleinerung, Schlucken, Sprechen, Atmung und Gesichtsausdruck - individuell optimal erfüllt werden. Das stomatognathe System umfasst dabei Zähne, Zahnhalteapparat, Ober- und Unterkieferbasis, die Kiefergelenke, Muskulatur, Weichgewebe sowie das nervöse und das vaskuläre Versorgungssystem. Darüber hinaus sollen bei Vorliegen dieses als „Eugnathie“ bezeichneten regelrechten Befundes optimale Verhältnisse in allen drei Ebenen des Raumes (der Sagittalen, der Vertikalen und der Horizontalen) vorliegen.

In Bezug auf die Zahnstellung hat ANDREWS 1972 (7) mit seinen „six keys of occlusion“ noch heute gültige Bewertungskriterien für die Idealokklusion formuliert.

Diese sechs Schlüssel der Okklusion sind folgende:

1. Molarenrelation

Die distale Randleiste des oberen ersten Molaren okkludiert mit der mesialen Randleiste des unteren zweiten Molaren

2. Kronenangulation

Der gingivale Teil der Längsachse jeder Zahnkrone soll distaler liegen als der okklusale Teil der Längsachse. Dieser mesiale „Tip“ der Zähne ist je nach Zahntyp unterschiedlich stark ausgeprägt.

3. Kronenneigung und Kronentorque

Alle Zähne (außer den Oberkieferfrontzähnen) weisen einen positiven Torque auf, d. h. die Wurzelspitzen der Zähne stehen bukkaler als die Inzisalkanten bzw. Okklusalfächen. Bei den Oberkieferfrontzähnen ist der Torque umgekehrt, d. h. die Wurzelspitzen stehen weiter palatinal als die Inzisalkanten dieser Zähne.

4. Rotation

Die Zähne sollen keine Rotationen aufweisen.

5. Kontaktpunkt

Die Kontaktpunkte zwischen allen Zähnen sollen eng sein.

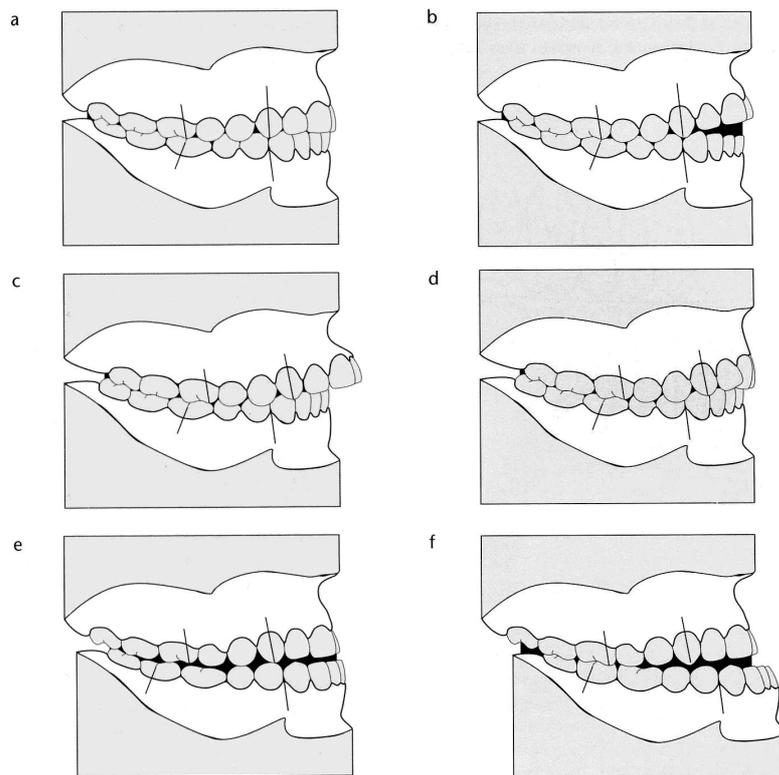
6. Spee-Kurve

Die Kurve zwischen dem okklusal am weitesten herausragenden Höcker des zweiten Molaren im Unterkiefer und dem unteren mittleren Schneidezahn soll nicht tiefer als 1,5 mm sein.

### 1.3 Klasse-II-Dysgnathie

In den seltensten Fällen liegt beim Menschen von Natur aus eine Idealokklusion vor, so dass meistens (mehr oder minder korrekturbedürftige) Dysgnathien vorliegen. Der Begriff der „Dysgnathie“ bezeichnet – im Gegensatz zur „Eugnathie“ einen fehlerhaften Befund des stomatognathen Systems. Demzufolge handelt es sich bei der Bezeichnung der „Dysgnathie“ um einen sehr weitläufigen Begriff.

Eine der international bekanntesten und gebräuchlichsten Einteilungen der Dysgnathien anhand einfach zu ermittelnder Leitsymptome ist die Klassifizierung nach Edward H. ANGLE, der 1899 mit seiner Publikation „Classification of malocclusion“ (8) Maßstäbe für die Diagnostik kieferorthopädischer Befunde setzte, die bis zum heutigen Tage Bestand haben. ANGLE stützte sich bei seiner Einteilung der Malokklusionen ausschließlich auf die sagittale Beurteilung der Verzahnung des oberen Sechsjahrmolaren, den er als „key of occlusion“ erachtete. Obschon dieses Dogma der Molarenkonstanz von ANGLE aufgrund seiner Ungenauigkeit und fehlender ätiologischer Betrachtungen oft kritisiert worden ist, so ist die Einteilung nach ANGLE - wahrscheinlich aufgrund ihrer Einfachheit - weiterhin international gebräuchlich.



**Abb. 1** Angle-Klassen schematisch dargestellt

**a:** Klasse I Verzahnung; **b:** Klasse I Verzahnung, frontal offen

**c:** Klasse II/1; **d:** Klasse II/2

**e:** Klasse III Verzahnung; **f:** Klasse III Verzahnung, frontal offen

aus: Nötzel F., Schultz Ch.: Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Analysen und Tabellen für die Praxis. Deutscher Zahnärzte Verlag. Köln 2001

ANGLE differenziert zwischen drei unterschiedlichen ANGLE-Klassen (vgl. Abb. 1):

**Neutralbiss (Klasse I):** der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren okkludiert mit der Querfissur des unteren ersten Molaren

**Distalbiss (Klasse II):** Im Vergleich zur Neutralverzahnung liegt der Unterkiefer-Sechsjahrmolar weiter distal, d. h. der mesiobukkale Höcker des oberen ersten Molaren liegt bei Schlussbiss vor der Querfissur des unteren ersten Molaren. Das Maß der Unterkieferrücklage wird üblicherweise in Prämolarenbreiten angegeben.

Als Untergruppen des Distalbisses unterscheidet man die ANGLE-Klasse II/1, bei der zusätzlich zu der Distalverzahnung im Seitenzahnbereich die oberen Schneidezähne protrudiert stehen, was in einer großen sagittalen Frontzahnstufe resultiert.

Bei der Klasse II/2 stehen die Oberkiefer-Frontzähne steil, so dass die sagittale Frontzahnstufe trotz Distallage des Unterkiefers nicht wesentlich vergrößert ist. Als Variante können auch nur die oberen mittleren Schneidezähne steil stehen, während die Lateralen protrudiert sind.

**Mesialbiss (Klasse III):** Im Vergleich zur Neutralverzahnung liegt der Unterkiefer weiter mesial, d. h. der mesiobukkale Höcker des ersten oberen Molaren liegt hinter der Querfissur des ersten unteren Molaren. Auch hier wird das Maß der Mesiallage in Prämolarenbreiten angegeben.

Da heutzutage außer der intraoralen Diagnostik bzw. Modellanalyse auch die Auswertung und Beurteilung von Fernröntgenseitenbildern (FRS) möglich und für eine vollständige kieferorthopädische Diagnostik unabdingbar ist, verwendet man heute den Begriff der Klasse-II-Dysgnathie nicht nur in Bezug auf die Verzahnung der Sechsjahrmolaren, sondern als Oberbegriff für jegliche Form der Distalrelation des Unterkiefers in Bezug auf den Oberkiefer. So spricht man beispielsweise auch dann von einer Klasse-II-Dysgnathie, wenn die Sechsjahrmolaren zwar neutral verzahnt sind, jedoch entweder anhand der kephalometrischen Auswertung oder gemäß der extraoralen Photoanalyse eine Rücklage des Unterkiefers zu erkennen ist.

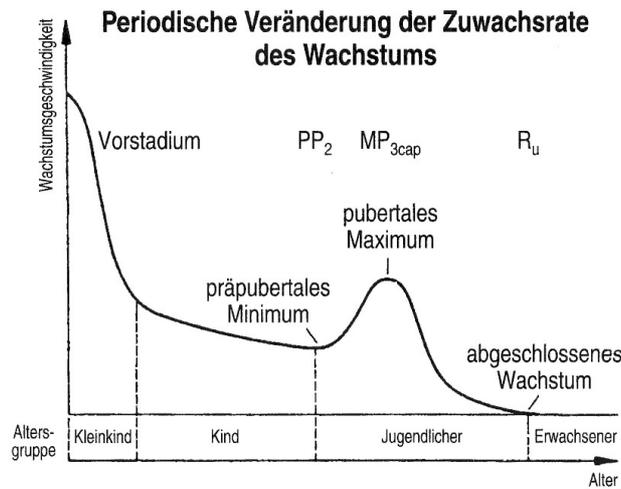
Darüber hinaus weiß man heute aufgrund besserer diagnostischer Möglichkeiten (vor allem kephalometrischer Auswertung von Fernröntgenseitenbildern), dass die Lage des Sechsjahrmolaren im Kiefer zum einen keineswegs konstant ist, zum anderen nicht als eindeutiges Kriterium für die Klassifizierung einer Fehlstellung dienen kann. Demzufolge können basal unterschiedlichste Konfigurationen dennoch zur gleichen ANGLE-Klasse zusammengefasst werden.

SCHMUTH (1973) (131) kritisiert bei der Einteilung von Dysgnathien in ANGLE-Klassen die Tatsache, dass es sich dabei keineswegs um eine Gruppierung oder Klassifikation im Sinne einer Diagnose handle, sondern lediglich um eine Maßnahme zur ersten Orientierung bei der Befunderhebung. Weder ätiologische, genetische, noch alle morphologischen Kriterien würden berücksichtigt.

Trotz aller berechtigten Kritik konnten sich Klassifizierungsversuche zahlreicher anderer Autoren, die möglichst viele Komponenten der vorliegenden Malokklusion berücksichtigen und auszudrücken versuchen (z. B. die biogenetische Einteilung nach KANTOROWICZ und KORKHAUS, die Befundgruppen nach SCHMUTH, etc.) aufgrund ihrer Komplexität nicht durchsetzen. So räumt SCHMUTH der Einteilung von Dysgnathien in ANGLE-Klassen auch weiterhin ihre Daseinsberechtigung ein – wenn nicht als Diagnose, so doch als Unterteilung in Befundgruppen.

## **1.4 Funktionskieferorthopädie**

Die Funktionskieferorthopädie ist eine v. a. im europäischen Raum verbreitete kieferorthopädische Therapieform, die beim Patienten während der Wachstumsphase des Gesichtsschädels angewendet wird.



Umzeichnung nach Björk (1972) und Fleischer-Peters (1978)

**Abb. 2** Wachstumskurve

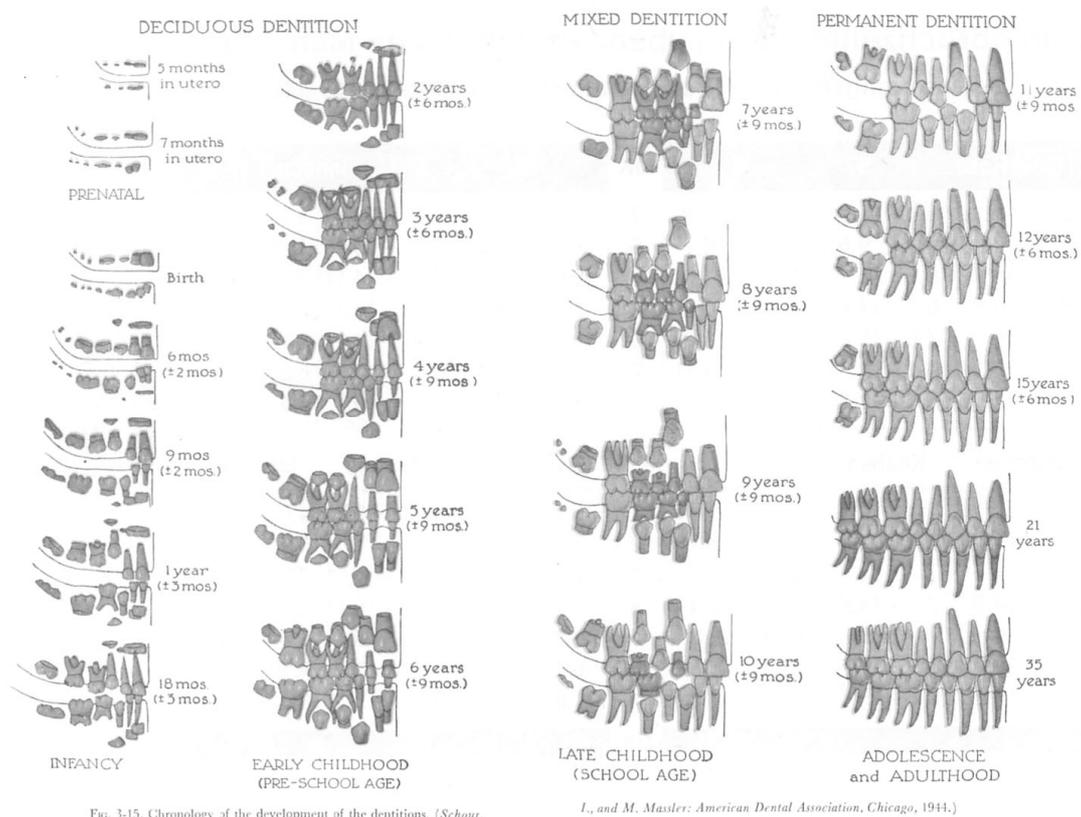
aus: Kieferorthopädische Journalblätter. Poliklinik für Kieferorthopädie Universität München

Anhand der Wachstumskurve (Abb. 2) ist zu erkennen, dass die Wachstumsgeschwindigkeit beim Menschen im Kindes- und vor allem Jugendlichenalter sehr ausgeprägt ist. Diesen Umstand macht sich die Funktionskieferorthopädie zunutze und greift in eben dieser Phase lenkend in die Kiefer- und Gebissentwicklung ein, in der die von Natur aus vorhandenen Wachstums- und Veränderungspotentiale am größten sind.

Die Funktionskieferorthopädie hat zum Ziel, Bissanomalien zu korrigieren, indem sie die Zahnbögen ausformt, die Zahnstellung verbessert und die Okklusion zwischen Ober- und Unterkiefer optimiert. Dies wird erzielt durch Einflussnahme auf die gesamte orofaziale Muskulatur, d. h. sowohl auf die Lippen-, Wangen-, als auch Zungenmuskulatur.

ROUX (1895) (122) kann in diesem Zusammenhang als Vordenker der Funktionskieferorthopädie angesehen werden. Er war es auch, der die Begriffe der *Funktion*, *funktionellen Stimulation* und *funktionellen Adaptation* prägte, die von da an zu den Schlagwörtern dieses Therapieansatzes werden sollten.

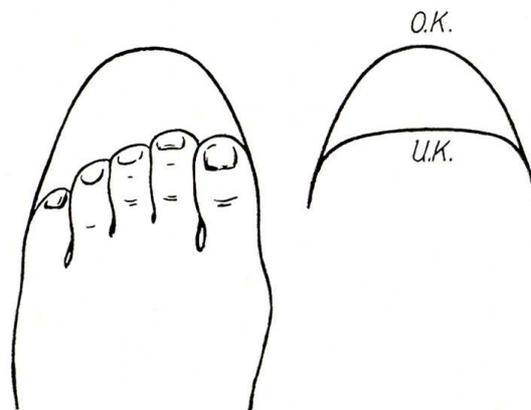
Abgesehen von der Tatsache, dass aufgrund des Therapiebeginns während des Wachstums das gesamte skelettale System im orofazialen Bereich in Bewegung ist, findet in dieser Phase auch der Zahnwechsel, also massive Veränderungen in der Dentition, statt. Meistens befindet sich der Patient während der Behandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten in der Wechselgebissphase.



**Abb. 3** Schematische Darstellung der Dentitionsphasen nach SCHOUR und MASSLER  
**aus:** Kieferorthopädische Journalblätter. Poliklinik für Kieferorthopädie Universität München

Mit Hilfe von bimaxillären herausnehmbaren Geräten wird versucht, die das Kausystem umgebende Muskulatur in ein Gleichgewicht zu bringen und dadurch ein Ausgleichswachstum des Unterkiefers anzuregen. Dieser therapeutische Ansatz wurde traditionell vor allem bei zu kleinem oder zurückliegenden Unterkiefer als Hauptindikation für die Funktionskieferorthopädie genutzt.

Der sogenannte „Pantoffelvergleich“ verdeutlicht die Wirkungsweise von funktionskieferorthopädischen Geräten auf sehr anschauliche Art und Weise: Ein zu enger Oberkiefer (Schmalkiefer) verhindert das Vorrücken des Unterkiefers in Neutralbisslage, so dass ein Distalbiss daraus resultiert. Dieser Umstand ist vergleichbar mit dem Bild eines zu engen Pantoffels, in dem der Fuß nicht ganz nach vorne gleiten kann. Diese Metapher wurde von KÖRBITZ geprägt und von REICHENBACH und BRÜCKL (112) illustriert (siehe Abb. 4).



**Abb. 4** KÖRBITZ'scher „Pantoffelvergleich“

**aus:** Reichenbach E., Brückl, H.: Kieferorthopädische Klinik und Therapie. Eine Einführung unter Berücksichtigung der abnehmbaren Geräte  
Johann Ambrosius Barth. Leipzig 1971<sup>7</sup>

Das erste bimaxilläre Gerät, das die von der Funktionskieferorthopädie geforderte Harmonisierung durch das gezielte Steuern von Muskelkräften bewirken sollte, wurde von ROBIN (1902) (121) entwickelt. Dieser „Monobloc“, der auch als „Turngerät“ bezeichnet wird, verzichtete auf jegliche Extraelemente und verband lediglich den Ober- mit dem Unterkiefer durch eine Akrylbasis, die locker und passiv im Mund liegen sollte. Die Lagebestimmung der Mandibula zur Maxilla ermittelte ROBIN als erster mit einem Konstruktionsbiss.

Zahlreiche Weiterentwicklungen und Modifikationen sind seitdem beschrieben worden. Vor allem das „norwegische System“ von ANDRESEN (1936) (5) fand große Verbreitung unter den Kieferorthopäden in Europa. HÄUPL (5, 6) verhalf der

ANDRESEN-Apparatur, die er Aktivator nannte, zum Eingang in die tägliche Praxis, und auch heute zählt der Aktivator international noch zu den am meisten verwendeten funktionskieferorthopädischen Geräten. Vor allem ein sagittaler Bissausgleich und die vertikale Bisshebung gelten als die Ziele, die mit dem Aktivator mittels Einflussnahme auf Ober- und Unterkiefer gleichzeitig, erreicht werden können. Dies geschehe dadurch, dass die gesteuerte Muskelkraft eine erhöhte Reflexreaktion der umgebenden Muskulatur bewirke, die wiederum zu dento-alveolären Umbauvorgängen führen sollte. Der Erfolg der postulierten Eigenschaften des Aktivators wurde von ANDRESEN, HÄUPL und PETRIK (6) anhand zahlreicher Fallstudien mit Modell- und Profilbefunden belegt.

#### 1.4.1 Funktionskieferorthopädische Geräte

Zahlreiche Weiterentwicklungen der ANDRESEN-Apparatur sind in der Literatur beschrieben. Doch trotz zahlreicher Unterschiede haben alle funktionskieferorthopädischen Geräte definitionsgemäß auch eine Reihe von gemeinsamen Merkmalen. Diese sind nach JANSON (1982) (73):

- totale Abnehmbarkeit des Gerätes durch den Patienten
- kein permanentes Tragen
- keine Halteelemente an den Zähnen
- Wirkung auf beide Kiefer gleichzeitig

Vom technischen Standpunkt aus betrachtet, setzt sich jedes funktionskieferorthopädische Gerät aus vier Komponenten zusammen:

1. dem Monoblock,
2. dem Konstruktionsbiss,
3. der schiefen Ebene und
4. den Drahtelementen

Zu 1.: Dabei gilt der Monoblock sozusagen als Basiselement des Gerätes. Er besteht aus zwei Kunststoffplatten (jeweils eine für Ober- und Unterkiefer), die okklusal miteinander verbunden sind.

Zu 2.: Der Konstruktionsbiss stellt das wichtigste Element einer funktionskieferorthopädischen Apparatur dar, da er die Art der intermaxillären Beziehung in allen drei Ebenen des Raumes definiert. Mit einem Wachsbiss wird die dreidimensionale Orientierung der Mandibula zur Maxilla festgesetzt und später im Monoblock fixiert. Durch das Einstellen der Mandibula in einer bestimmten Position wird erzielt, dass beim Tragen des Gerätes Muskelkräfte freigesetzt werden, deren Größe und Richtung auf die Zahnreihen übertragen werden können und dadurch therapeutisch wirksam werden.

Im Allgemeinen wird gefordert, dass bei der Konstruktionsbissnahme in vertikaler Ebene der Bereich der natürlichen Ruheschwebelage nicht überschritten werden soll. In Bezug auf die Sagittale wird eine Klasse-I-Relation im Seitenzahngebiet angestrebt, vertikal soll entweder Kopfbiss oder aber eine maximale Sperrung von 2 mm in der Front vorliegen, und schließlich muss transversal auf eine strenge Einhaltung der Mittellinie geachtet werden. Darüber hinaus soll der Mundschluss bei eingesetztem Gerät noch möglich sein.

Entgegen dieser weit verbreiteten Auffassung fordert z. B. HERREN (66), dass der Biss vertikal mehr gesperrt werden solle (ca. 5 mm), und HARVOLD (62, 63) und WOODSIDE (153) setzen sogar 12-15 mm vertikaler Schneidekantendistanz an.

Zu 3.: Die schiefen Ebenen sind im interokklusalen Bereich des Monoblocks enthalten. Sie dienen dazu, Zähne gezielt durch individuellen Muskeldruck neu zu orientieren bzw. dreidimensionale Eruptionsrichtungen vorzugeben (73).

Zu 4.: In der Funktionskieferorthopädie haben Drahtelemente generell nur passive Wirkung. Mittels großer Drahtstärken (0,8 mm bis 1,2 mm stark) wird dafür gesorgt, dass sich die Aktivierung durch die Kaufunktion über die Drahtelemente auf das stomatognathe System übertragen kann. Das Gerät sitzt locker im Mund. Neben der

Aktivierung durch Muskelfunktion dienen die Drahtelemente in einem funktionskieferorthopädischen Gerät auch dazu, dysfunktionierende Muskelgruppen einerseits abzuhalten, andererseits durch Gegensteuerung unter Kontrolle zu bringen.

Im Laufe der Jahre sind v. a. in Deutschland, wo der Aktivator als Grundgerät der Funktionskieferorthopädie galt, zahlreiche Modifikationen von funktionskieferorthopädischen Geräten beschrieben worden. Die Modifikationen beliefen sich daher auf eine veränderte Gerätekonstruktion, die meist in einer Skelettierung der ursprünglich recht massiven Aktivator konstruktion bestand oder aber neue Drahtelemente hinzufügte.

Zusätzlich dazu fingen die Theorien über die Wirkungsweise funktionskieferorthopädischer Apparaturen an, sich zu verändern.

So vertrat BALTERS (14, 15, 16) zum Beispiel die Auffassung, dass beim Distalbiss zudem eine Rücklage und Fehlfunktion der Zunge und des Schluckens, Störungen der Atemwege und der Mundraumfunktion bestünden. Diesen ganzheitlichen Ansatz vertrat er auch dahingehend, dass er Fehlstellungen und Fehlfunktionen im stomatognathen System stets in einem ätiologischen Zusammenhang sah mit allgemeinen Erkrankungen, Haltungsschäden, Stoffwechselstörungen, etc. Aus diesem Grunde strebte er eine ganzheitliche Behandlung an, innerhalb derer die funktionskieferorthopädische Behandlung eine Myotherapie darstellt. Er war überzeugt davon, dass zum einen die Zunge hauptverantwortlich sei für das Geschehen im Mundraum, und zum anderen, dass ein wiederhergestelltes Gleichgewicht zwischen Zunge und Wange, bzw. Lippe zu naturgesunden Zahnreihen führen muss. Entsprechend dieses ganzheitlichen Denkansatzes entwickelte er die so genannte „Bionatorheilmethode“ (16), im Rahmen derer der Bionator als therapeutisches Hilfsmittel dient.

Den Bionator konstruierte er in drei Varianten:

- als „klassisches“ Grundgerät, das zur Behandlung einer Klasse II/1 und von Kompressionsanomalien dient,
- als Umkehrgerät und
- als Abschirmgerät für Patienten mit offenem Biss.

Im Folgenden ist bei der Verwendung der Bezeichnung „Bionator“ stets das Grundgerät gemeint.

#### 1.4.2 Bionator nach ASCHER (A-Bionator)

Als BALTERS-Schüler führte Prof. Felix ASCHER (10, 11, 12, 13) den Denkansatz der Funktionskieferorthopädie als einer „Ganzheitsphilosophie, die den oralen Bereich in den körperlichen und seelischen Gesamthaushalt des Menschen stellt“ weiter. Außerdem entwickelte er das Gerät Bionator fort, indem er die grundsätzliche Konstruktion von BALTERS in zwei Gesichtspunkten entscheidend modifizierte.



Abb. 5 Der A-Bionator

Beim Bionator nach ASCHER handelt es sich – wie zuvor schon bei BALTERS - um ein funktionskieferorthopädisches Gerät, das bei Kindern und Jugendlichen mit dem

---

Befund einer Distallage des Unterkiefers Anwendung findet. Der Grundaufbau des Gerätes basiert auf den Beschreibungen von BALTERS (16). Doch um die unerwünschten Nebenwirkungen in Form von mangelndem Halt der Oberkiefer-Seitenzähne und Protrusion der unteren Frontzähne entgegenzuwirken, wurden in der Modifikation nach ASCHER zwei neue Elemente in die Gerätekonstruktion aufgenommen (siehe Abb. 5):

- Haltedorne mesial der oberen Sechsjahrmolaren
- Kunststoffüberwurf über die Unterkiefer- Frontzähne

Das Gerät sitzt weiterhin locker im Mund des Patienten und erlaubt durch gezielte Einschleifmaßnahmen von Seiten des Behandlers die Steuerung des Zahnwechsels im Seitenzahnbereich. Außerdem kann durch okklusale Freigabe der Sechsjahrmolaren deren Verlängerung in vertikaler Richtung gefördert werden, so dass der häufig bei Klasse II/1 vorliegende Tiefbiss behoben werden kann.

Technisch gesehen ist die Herstellung anhand folgender Konstruktionszeichnung für einen KFO-Techniker unproblematisch (vgl. Abb. 6):

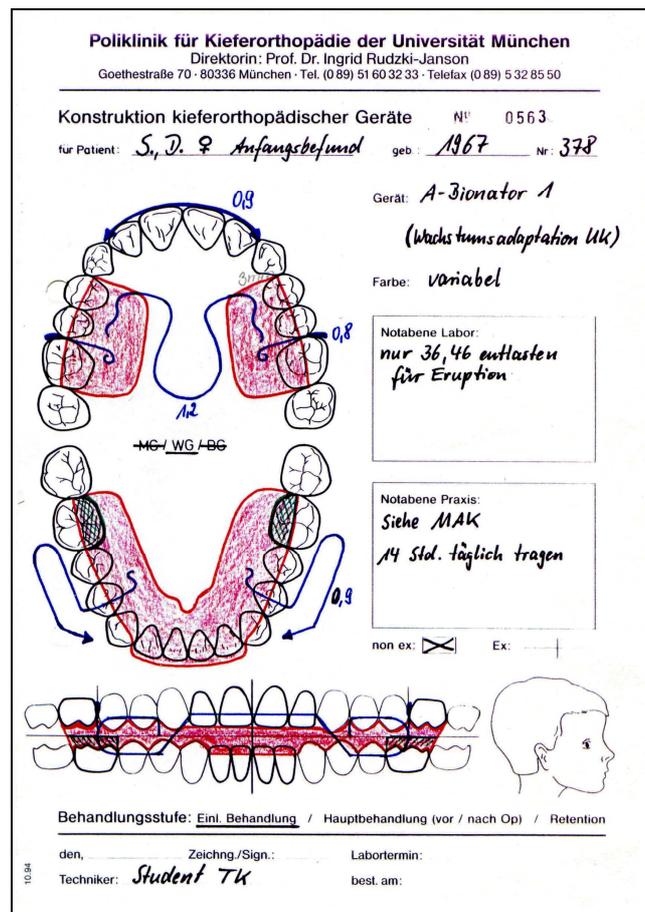


Abb. 6 Konstruktionszeichnung für einen A-Bionator

KANTOROWICZ (1961) (81) nannte den Bionator einen „skelettierten Aktivator“, dessen Behandlungserfolg quasi als „Rezidiv zur Gesundheit“ bewertet werden kann. Die Unterschiede zwischen dem Bionator und dem Aktivator als klassisches funktionskieferorthopädisches Gerät nennt ASCHER (1968) in seinem Grundlagenwerk *Praktische Kieferorthopädie* (11) und zählt folgende Unterscheidungsmerkmale auf:

- eine zierlichere Konstruktion, die aus diesem Grund auch tagsüber getragen werden kann
- keinerlei Befestigung des Gerätes an den Zähnen

- durch die eingearbeitete Coffinfeder wird die Zunge dazu gereizt, sich nach vorne unten auszustrecken und dadurch das Gerät in der richtigen Position zu balancieren
- eine Verbindung der Buccinatorschlaufen mit dem Lippenbügel bewirkt zum einen das Abhalten der umgebenden Weichteile von den Zahnbögen, zum anderen – nach BALTERS (16) - ein Sogphänomen der Weichteile in den Interokklusalabstand

#### 1.4.2.1 Indikation

ASCHER (11) selbst sieht die Hauptindikation für den Bionator bei folgendem Befund: Lutschdeformitäten mit Schmalkiefer und lückigen Protrusionen im Oberkiefer sowie distale Okklusion der Unterkieferzahnreihe. Den Einsatz des Bionators im Wechselgebiss erachtet er als besonders wirksam, weil es bei dieser Art der Klasse-II-Korrektur zu weniger „sunday bite“ komme als bei einem späteren Eingreifen mit z. B. intermaxillären Gummizügen.

Nach JANSON 1987 (74) handelt es sich beim Bionator nach BALTERS in der Modifikation nach ASCHER um kein Universalgerät. Die Behandlungsaufgabe, die das Gerät erfüllen kann, liegt in der Harmonisierung abwegiger Form- und Funktionsfehler während der Entwicklung des stomatognathen Systems. Bei der Diagnostik und Therapieentscheidung ist der Typ und Charakter der vorliegenden Malokklusion von ausschlaggebender Wichtigkeit.

Als Indikationsbereiche für den Bionator werden genannt:

#### 1. Morphologisch:

- Patienten mit orthognathem Gesichtstyp
- Sowohl Maxilla als auch Mandibula sollen eine anteriore Inklination und anteriores Wachstumsmuster aufweisen
- Der ANB-Winkel bei Therapiebeginn soll zwischen  $0^\circ$  und  $5^\circ$  liegen

- Die skelettale Disharmonie darf nur moderat ausgeprägt sein, wobei die Schuld dafür im Unterkiefer liegen sollte (mandibuläre Retrognathie)

## 2. Funktionell:

- Habits, Parafunktionen, Zwangsbissführungen
- Sekundär erworbene Mittellinienverschiebung
- Habituelle Mundatmung

In Bezug auf den optimalen Behandlungszeitpunkt ist zu sagen, dass die Indikation für eine Bionator-Behandlung während der vorpubertären und pubertären Wachstumsphase gegeben ist. Im vorpubertären Stadium überwiegt die dento-alveoläre Wirkungskomponente, wohingegen bei Einsatz des Bionators während des pubertären Wachstumsschubs die größten skelettalen Veränderungen verzeichnet werden können.

DROSCHL (1984) (45) erachtet den therapeutischen Einsatz des Bionators zu einem frühen Zeitpunkt aus folgenden Gründen für vorteilhaft: Zum einen kann man das bevorstehende Wachstum zur Behebung der Distalokklusion nutzen, zum anderen ist die Kooperationsbereitschaft der Patienten vor Einsetzen der Pubertät tendenziell höher als zu einem späteren Zeitpunkt.

Neben der klassischen Indikation des Bionators bei Kindern und Jugendlichen soll an dieser Stelle nicht versäumt werden darauf hinzuweisen, dass der Bionator auch bei Erwachsenen wirksam zum Einsatz kommen kann, beispielsweise beim Vorliegen von Myoarthropathien sowie bei Vorliegen von Dysfunktionen (z. B. Knirschen, Pressen, Schnarchen, etc.) (ASCHER (1984) (13)).

Diese Indikationsdefinition macht deutlich, dass für den funktionskieferorthopädischen Therapieansatz – genauso wie für jeden anderen Therapieansatz – eine fundierte Diagnostik unumgänglich ist.

#### 1.4.2.2 Wirkungsweise

Zu Beginn der Funktionskieferorthopädie herrschte noch die unumstrittene Meinung vor, dass funktionskieferorthopädische Geräte durch ihren Einsatz während des Wachstums des Patienten einen skelettalen Effekt auf die Mandibula in Form einer Wachstumsförderung ausüben würden. Doch mit der Möglichkeit der kephalometrischen Analyse haben sich die Erkenntnisse über die Indikationsbereiche und Behandlungsergebnisse von bimaxillären Geräten grundlegend geändert und viele der als selbstverständlich erachteten Vorstellungen über die Wirkungsmechanismen funktionskieferorthopädischer Geräte mussten grundsätzlich revidiert werden.

So weist HASUND (1969) (65) darauf hin, dass zwar durch Kontrolle dysplastischer Muskelfunktionen das mandibuläre Wachstum beeinflusst werden kann, jedoch nicht über die von der Natur vorgegebenen Grenzen hinaus.

Und auch JANSON (73) schlussfolgert aus ihrer breit angelegten Studie mit 134 A-Bionator-Patienten, die sie mit einer unbehandelten Kontrollgruppe vergleicht, dass der Bionator zwar in der Lage ist, erhebliche dento-alveoläre Veränderungen zu bewirken, jedoch kann er skelettal keine größeren Veränderungen hervorrufen, als die, die das natürliche Wachstumsmuster vorgibt. In diesem Sinne gilt das von VAN DER LINDEN (147) geprägte Schlagwort: „A skeletal pattern cannot be changed.“

Demgegenüber konnte PANCHERZ (106, 107, 125) in zahlreichen Untersuchungen zum Herbst-Scharnier (einem festsitzenden Klasse-II-Gerät) Wachstumsvorgänge im Fossa- / Kondylusbereich nachweisen. Noch ist sich die Forschung nicht einig darüber, ob neben den festsitzenden Klasse-II Geräten, wie das Herbst-Scharnier eines ist, auch einige herausnehmbare funktionskieferorthopädische Geräte tatsächlich auch skelettale Wirkung besitzen, und wenn ja, welche Geräte und unter welchen Umständen.

Trotz aller wissenschaftlichen Diskussionen bleibt an dieser Stelle festzuhalten, dass der Bionator nach heutigem Forschungsstand zwar keinen skelettalen Effekt

aufzuweisen hat, aber wegen seiner dento-alveolären Wirkung weiterhin eine unumstrittene Indikation bei der interzeptiven Behandlung von Klasse II/1 Malokklusionen hat (DROSCHL (1984) (45)).

## 1.5 Modellanalyse

Die Grundlage jedes ernstzunehmenden kieferorthopädischen Therapieansatzes ist eine fundierte Befunderhebung, die eine korrekte Diagnose ermöglicht. Im Rahmen dieser Diagnostik ist die Anfertigung von dreidimensional orientierten Kiefermodellen nach wie vor unverzichtbar.

Sowohl FISCHER-BRANDIES und STAHL (1995) (54), als auch SCHOPF (2000) (132) fordern, dass die kieferorthopädischen Modelle nicht nur die Zähne, sondern folgende Strukturen detailgetreu darstellen müssen:

- OK und UK Zahnbögen,
- die vestibulären und palatinalen, bzw. lingualen Alveolarfortsätze,
- die Bandansätze,
- den Tuberbereich und
- die anatomischen Konturen im Gaumenbereich (z. B. Gaumenfalten, Raphe palatina mediana, Papilla inzisiva, etc.).

Methode der Wahl bei der Herstellung der Kiefermodelle ist das Abformen beider Kiefer mit Alginat. Um eine präzise dreidimensionale Orientierung der beiden Modelle zueinander zu ermöglichen, ist eine Wachsbissnahme in habitueller Schlussbissposition unumgänglich. Alternativ kann die Bissnahme auch in zentrischer Kondylenposition erfolgen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden die meisten Modelle in habitueller Interkuspitationsposition dreidimensional orientiert getrimmt. Nach STEINHÄUSER

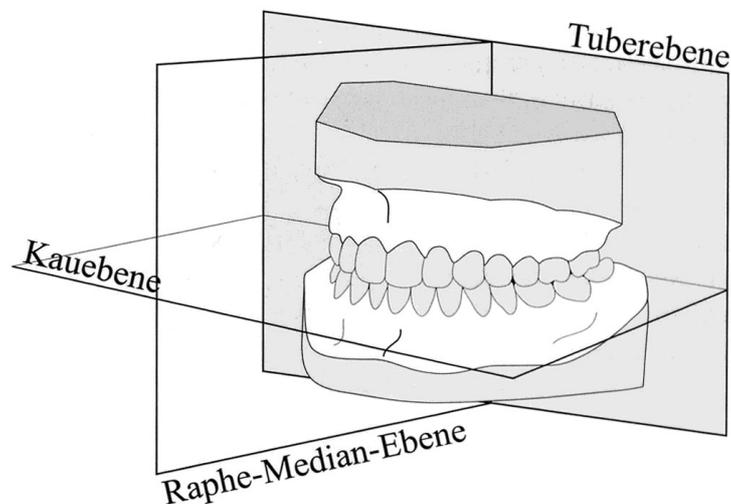
und JANSON (140) erfolgte nur bei Patienten mit Dysfunktionen und Verspannungen der Muskulatur eine zentrische Bissnahme sowie die Registrierung der Oberkieferposition anhand einer Gesichtsbogenübertragung und das Einartikulieren in einen Artikulator. Während der Wechselgebissphase und noch vor Durchbruch der zweiten bleibenden Molaren ist eine solche Maßnahme nicht nötig, sofern beim Patienten keine myofunktionellen Störungen vorliegen.

Lediglich bei der Nachuntersuchung 20 Jahre nach erfolgter Bionator Behandlung zum Untersuchungszeitpunkt T4 erfolgte eine zentrische Bissnahme und Gesichtsbogenübertragung, da die meisten Patienten kein naturgesundes Gebiss mehr hatten, sondern bereits konservativ bzw. prothetisch versorgt waren.

Die dreidimensionale Orientierung der Modelle erfordert, dass mittels Trimmens und Sockelns des Modellpaares folgende Kriterien erfüllt werden:

1. Die Okklusionsebene soll parallel zur Modellebene sein
2. Die Tuberebene des Modells soll im rechten Winkel zur Raphe-Median-Ebene sein
3. Bei Hinstellen des Modellpaares auf die Tuberebene soll die exakte Schlussbissposition wiedergegeben sein.

Die für die Herstellung der Modelle erforderlichen Ebenen sind in Abb. 7 dargestellt.



**Abb. 7** Das dreidimensional orientierte KFO-Modell

aus: Nötzel F., Schultz Ch.: Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Analysen und Tabellen für die Praxis. Deutscher Zahnärzte Verlag. Köln 2001

Nur mit einem derart gestalteten Modellpaar kann eine korrekte Beurteilung der Okklusionsverhältnisse in sagittaler, vertikaler und transversaler Richtung erfolgen. So ist es dem Kieferorthopäden mittels modellanalytischer Verfahren möglich, eine Diagnose zu erstellen, die neben der klinischen Untersuchung, der kephalometrischen und der Photoanalyse die Grundlage für die Therapieplanung darstellt.

Die dreidimensionale Modellanalyse liefert dabei Informationen über vier Kriterien (STEINHÄUSER und JANSON) (140):

- Zahnform und Zahngröße
- Einzelzahnstellung innerhalb der frontalen und der lateralen Zahnbogensegmente
- Zahnbogenform und Zahnbogengröße (Breite wie Länge)
- Okklusionsbeziehung der Zahnreihen zueinander

## 1.6 Indizes in der Kieferorthopädie

An dieser Stelle soll der Begriff des Index in der Kieferorthopädie definiert werden. Gemäß SHAW et al. (135) handelt es sich bei einem kieferorthopädischen Index um ein Instrument zur Kategorisierung oder Messung der individuellen Okklusion eines Patienten, indem diesem entweder ein Zahlenwert oder eine alphanumerische Bezeichnung zugeteilt wird.

Nach GREWE und HERMANSON ist der Index die quantitative Beurteilung einer Okklusion (59).

SHAW et al. (135) fordern in Anlehnung an CARLOS (36) als Grundvoraussetzung für jeden Index Validität und Reproduzierbarkeit.

Validität heißt, dass der betreffende Index tatsächlich das zum Ausdruck bringen muss, was er vorgibt zu quantifizieren. Reproduzierbarkeit oder – anders ausgedrückt - Reliabilität bedeutet, dass die Erhebung des Index sowohl intra- als auch interindividuell zu vergleichbaren Ergebnissen führt.

Die Erfüllung dieser beiden Forderungen muss in der Entwicklungsphase eines Index mit statistischen Methoden sichergestellt werden. Um jedoch Eingang in die alltägliche Routine kieferorthopädischer Praxen zu erhalten, muss ein Index darüber hinaus leicht erlernbar sein und auch nicht-akademischem Personal eine schnelle und zuverlässige Beurteilung von Gebissituationen ermöglichen.

### 1.6.1 Verschiedene Index Typen

TANG und WEI (144) unterscheiden zwei Typen von Indizes:

- qualitative und
- quantitative Indizes.

Ein qualitativer Index gibt dabei nur Auskunft darüber, ob und welche Malokklusion vorliegt, nicht aber in welchem Ausprägungsgrad.

Aussagen über den Ausprägungsgrad der vorliegenden Malokklusion liefert ein quantitativer Index anhand eines möglichst genauen Graduierungssystems. So handelt es sich beispielsweise bei der ANGLE-Klassifizierung um eine rein qualitative Methode.

Die Entwicklung von quantitativen Indizes erfolgte erst in jüngerer Zeit. Beispiele hierfür sind alle numerischen Indizes.

SHAW, RICHMOND und O'BRIEN (136) unterscheiden in ihrer Zusammenfassung fünf verschiedene Arten von Indizes:

- diagnostische Klassifikationen
- epidemiologische Indizes
- Indizes zur Ermittlung der Behandlungsnotwendigkeit
- Indizes zur Ermittlung des Behandlungserfolgs
- Indizes zur Ermittlung der Behandlungskomplexität

Die Bezeichnung „diagnostischer Index“ entspricht dem, was TANG und WEI einen qualitativen Index nennen (siehe oben).

Epidemiologische Indizes zeichnen sich dadurch aus, dass sie jedes Merkmal einer Gebissanomalie registrieren, um eine Einschätzung über die Verbreitung (Prävalenz) einer Gebissanomalie in einer Population zu erlauben. Zu dieser Gruppe gehören zum Beispiel der Index nach BJÖRK, KREBS und SOLOW (27), der Occlusal Index von SUMMERS (143), sowie die von der FDI ermittelte Methode (17).

Die verbleibenden drei Index-Arten zur Ermittlung der Behandlungsnotwendigkeit, des Behandlungserfolgs, bzw. der Behandlungskomplexität sind neuere Entwicklungen und heute eher die „Methode der Wahl“. Vor allem Indizes zur Ermittlung der Behandlungsnotwendigkeit sind in jenen Ländern weit verbreitet, in denen das öffentliche Gesundheitswesen zumindest einen Teil der

kieferorthopädischen Behandlung finanziert. Anhand des entsprechend verwendeten Index wird ermittelt, ob die Kosten für die Behandlung des Patienten übernommen werden, und wenn ja, zu welchem Anteil. Ein Beispiel für diese Index-Art ist der IOTN Index von BROOK und SHAW (1989) (32).

Zu der Gruppe der Indizes zur Ermittlung des Behandlungserfolgs zählen die Methode zur Klassifizierung von Erfolg und Misserfolg nach HOTZ (1962) (68), der Eismann Index von EISMANN (1970) (46) und der PAR Index von RICHMOND et al. (1992) (112, 114).

Als neueste Errungenschaft existiert mit dem ICON-Index von DANIELS, RICHMOND (2000) (38) nun auch eine Methode, die Behandlungskomplexität quantitativ numerisch zu erfassen.

### 1.6.2 Geschichte der kieferorthopädischen Indizes

Die Geschichte der kieferorthopädischen Indizes beginnt bereits 1899 mit Edward H. ANGLE (7), dessen Klassifizierung der Malokklusion anhand der Molarenrelation noch heute weltweit gebräuchlich ist. Seit diesem Zeitpunkt wurden vor allem in Großbritannien, den USA und in Skandinavien weitere Indizes entwickelt (136). TANG und WEI (1993) (144) verzeichnen die meisten Veröffentlichungen zu kieferorthopädischen Indizes zwischen den 40er und 70er Jahren, doch seit Mitte der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts erleben die Indizes eine regelrechte Renaissance, wenn man nach der Anzahl der Veröffentlichungen zu diesem Thema urteilen will.

Doch auch in den 60er Jahren wurden zahlreiche Indizes entwickelt, so zum Beispiel in den USA der **Occlusal Index** von SUMMERS (143), der heute noch gebräuchlich ist und insgesamt neun Parameter vermisst (die Molarenrelation, Overbite, Overjet, Kreuzbiss im SZ-Gebiet, offener Biss im SZ-Gebiet, Zahnfehlstellung, Mittellinie, OK Diastema mediale, nicht angelegte OK-Frontzähne) der **Treatment Priority Index**

von GRAINGER (58) und der **Handicapping Malocclusion Assessment Record** (HMAR) von SALZMANN (129). Bei allen drei Indizes werden die Werte für die einzelnen Komponenten gewichtet und miteinander addiert, um das Gesamtergebnis zu bilden.

Im deutschsprachigen Raum beschäftigte sich bereits im Jahre 1962 HOTZ (68) mit dem Thema einer Klassifizierung von Erfolg bzw. Misserfolg und entwickelte das so genannte **Züricher Modell**. Dabei beruhte seine Einteilung auf klassischen modellanalytischen Verfahren. Anhand der Ergebnisse wird die gesamte Gebissituation in eine von sechs Gruppen eingeteilt, die eine Aussage über die Behandlungsnotwendigkeit erlaubt. Eine ideale Situation entspricht bei dieser Einteilung 100%, was einer nicht notwendigen Behandlung gleichkommt. Die weiteren fünf Gruppen bringen einen steigenden Grad von Behandlungsnotwendigkeit zum Ausdruck.

EISMANN entwickelte nur 7 Jahre später in seiner Habilitationsschrift (46) den so genannten **Eismann Index**, der vor allem der Erfolgsbewertung einer kieferorthopädischen Therapie dienen soll. Jeder einzelnen der insgesamt 15 Bewertungskomponenten wird ein Punktwert zugeteilt, der sich aus Teilpunktzahlen für Funktion, Ästhetik und Erkrankungspotential zusammensetzt. Als Orientierung dient bei diesem Verfahren nicht das ideale Gebiss, sondern ein nicht behandlungsbedürftiges Gebiss, das auch tolerable Abweichungen vom Ideal aufweisen darf. Ein positiver Therapieerfolg macht sich bei diesem Index dadurch bemerkbar, dass der Punktwert merklich reduziert wird und sich an den Nullwert annähert. Auch wenn dem Eismann-Index sogar in neueren Studien (KOCH, BARTSCH (1994) (85)) gute Aussagekraft bescheinigt wird, und er auch in wissenschaftlichen Nachuntersuchungen relativ häufig Anwendung findet (so zum Beispiel vor allem an der Universität Würzburg), konnte sich der Index in der täglichen Praxis nicht durchsetzen, zumal die Erhebung des Index ein relativ langwieriges Verfahren ist.

Robert M. LITTLE (91, 92, 93, 94), einer der Vorreiter auf dem Gebiet der Rezidivforschung in der Kieferorthopädie, entwickelte im Jahr 1975 den in unserem Zusammenhang wichtigen **Irregularity Index** (91). Er erkannte, dass Indizes zur Erfassung des Behandlungserfolges direkt im Anschluss an das Ende der aktiven Therapie allein nicht ausreichen, sondern dass ebenso die Stabilität des Ergebnisses von Belang sei. Als den wichtigsten Indikator für ein Rezidiv im kieferorthopädischen Bereich definierte er den Engstand in der Unterkiefer Front, da er seiner Meinung nach Oberkiefer Engstand, eine Vertiefung des Overbite und eine gesamte Verschlechterung des erzielten Behandlungsergebnisses nach sich zieht. Sein **Irregularity Index** steht in einer Tradition von Versuchen, den Engstand in der Unterkiefer Front zu quantifizieren, doch in diesem Fall ist die Erhebung denkbar einfach am Gipsmodell zu erheben. Dazu muss mit einer Schieblehre mit spitzen Branchen jeweils der Abstand der anatomischen Kontaktpunkte benachbarter Frontzähne in der Horizontalebene in Millimetern abgetragen werden. Die fünf Millimeterwerte werden zum Endergebnis summiert. Sowohl die Reproduzierbarkeit, als auch die Validität des Verfahrens sind angemessen hoch.

Seit Mitte der 80er Jahre hat eine Gruppe Wissenschaftler um RICHMOND und SHAW in Großbritannien eine Anzahl von Indizes entwickelt, die innerhalb Europas sowohl verbreitet, als auch anerkannt sind. Die wichtigsten drei davon sind:

- Der **IOTN Index** (Index of Orthodontic Treatment Need) (32),
- der **ICON Index** (Index of Complexity, Outcome and Need) (38)
- und der **PAR Index** (Peer Assessment Rating) (112, 114, 115, 116, 117, 118)

Der **IOTN Index** wird vor allem in Großbritannien verwendet, um in einem Gesundheitswesen, das nicht genügend finanzielle Ressourcen für alle aufbringen kann, gemäß Salzmann (129) aus N Patientenfällen diejenige Anzahl n auszuwählen, die aufgrund der hohen Behandlungsnotwendigkeit am meisten eine finanzielle Bezuschussung verdienen. Dabei werden sowohl ästhetische Komponenten, als auch Komponenten der dentalen Gesundheit angewendet.

TURBILL et al. (1996) (145) stellen jedoch fest, dass der IOTN Index zwar als epidemiologischer Index seine Berechtigung hat, bei der Beurteilung von Einzelfällen allerdings Unzulänglichkeiten aufweist.

Der **ICON Index** von DANIELS und RICHMOND (2000) (38) versucht als erster, neben der Behandlungsnotwendigkeit und dem erzielten Behandlungserfolg auch die bei erster Befunderhebung zu erwartende Behandlungsschwierigkeit zu quantifizieren. Damit stellt er den ersten Universal-Index dar. Da der ICON Index die neueste Errungenschaft der britischen Wissenschaftler um DANIELS und RICHMOND darstellt, bleibt noch abzuwarten, wie gut er sich in der Praxis bewährt.

Erläuterungen zur Geschichte und zur Anwendung des **PAR Index** erfolgen im Kapitel Material und Methode.

## 1.7 Langzeitstudien in der Literatur

Edward H. ANGLE (9) vertrat noch zu Beginn des 20. Jahrhunderts die Meinung, dass durch kieferorthopädische Maßnahmen erzielte Behandlungsergebnisse stabil blieben, solange der Kieferorthopäde den Grundsatz beachte, die Zähne in normale Okklusion einzustellen und für eine angemessene Retention Sorge. Bei weiterer normaler Inanspruchnahme der Kaumuskulatur von Seiten des Patienten stehe der von Behandler und Patienten erwünschten Langzeitstabilität nichts mehr im Wege (PROFFIT 1978 (111)).

Doch schon seit den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts häufen sich in der Fachliteratur Beiträge, aus denen zunehmend deutlicher hervorgeht, dass die Realität anders aussieht. Heutzutage herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass auf eine sinnvolle Retention nicht verzichtet werden kann, will man das erzielte kieferorthopädische Behandlungsergebnis langfristig erhalten (JOONDEPH (2000))

(78)). Retention definiert JOONDEPH als das Halten der Zähne in der ästhetisch und funktionell optimalen Position.

Mittlerweile häufen sich sogar die Befürworter eines post-treatment treatment, einer zusätzlichen Behandlungsphase, die nach der Retentionsphase noch nötig werden kann. Dieser Umstand verdeutlicht, wie sehr die Diskussion um Langzeitstabilität in den letzten Jahren an Wichtigkeit dazu gewonnen hat. Allerdings gehen die Meinungen darüber auseinander, wie lange eine Retentionsphase sinnvollerweise dauern und mit welchen apparativen Hilfsmitteln sie gewährleistet werden soll.

Auf wissenschaftlicher Ebene ist es heute unverzichtbar, die Effektivität von Behandlungsmethoden nicht nur anhand des direkten Therapieerfolges bei Behandlungsende zu bewerten, sondern auch ihre langfristige Beständigkeit mit Hilfe von Nachuntersuchungen zu überprüfen.

Bei der Durchführung von Langzeitstudien stellen sich den Wissenschaftlern gemäß JOONDEPH (78) folgende Problematiken:

- praktische Schwierigkeiten bei der Durchführbarkeit von Nachuntersuchungen (z. B. Erreichen ehemaliger Patienten),
- ethische Vertretbarkeit von Nachuntersuchungen am Patienten (z. B. Röntgenbilder bei Nachuntersuchungen),
- Schwierigkeiten bei der Bildung von homogenen Patientengruppen,
- Erreichen repräsentativer Patientenzahlen

Es herrscht keine Einigkeit darüber, welches Zeitintervall zwischen Beendigung der Retentionsphase und Erheben des Langzeitbefundes für die Beurteilung der Stabilität einer Behandlungsmethode repräsentativ ist.

Bei einer Langzeituntersuchung, die – wie im vorliegenden Fall – eine Zeitspanne von insgesamt über 20 Jahren umfasst, stellt sich bei Beurteilung der Langzeitergebnisse zwingend die Frage nach der **Ätiologie** der festgestellten Behandlungsstabilität bzw. des unter Umständen aufgetretenen

Behandlungsrezidivs. Wie viel von den ermittelten Befunden zum Zeitpunkt T4 ist als Langzeiteffekt der Bionator-Therapie anzusehen, und wie viel davon ist Resultat natürlicher Umbauprozesse in einem dynamischen biologischen System, das sich lebenslang verändert?

Um diese Frage beantworten zu können, müssen zunächst die natürlichen Wachstums- und Reifungsprozesse des stomatognathen Systems erkannt und identifiziert werden. Diese Wachstums- und Reifungsprozesse lassen sich in drei Komponenten einteilen, die zum Teil parallel ablaufen, bzw. chronologisch aufeinander folgen und teilweise ineinander übergehen:

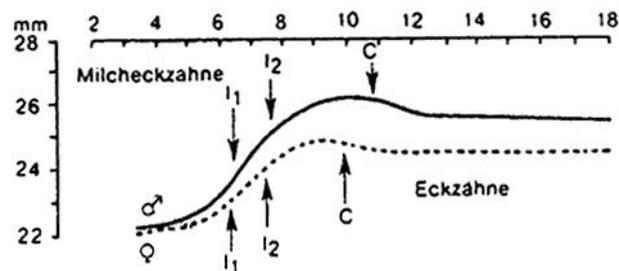
1. die natürlichen Phasen der Dentition,
2. die skelettalen Wachstumsvorgänge bis ins frühe Adoleszentenalter,
3. die postpubertalen Wachstumsvorgänge sowie das so genannte Restwachstum („maturation“) des stomatognathen Systems (SINCLAIR und LITTLE (1983, 1985) (138, 139)) während der an das Adoleszentenalter anschließenden Lebensjahre und -jahrzehnte.

#### Zu 1.: Natürliche Phasen der Dentition

Das chronologische Alter eines Patienten ist bekanntermaßen weder verknüpft mit seinem skelettalen Alter, noch mit seiner Dentitionsphase. Das heißt, dass man vom Alter eines Patienten keine Rückschlüsse darauf ziehen kann, in welcher Phase des skelettalen Wachstums zum einen und in welcher Phase der Dentition zum anderen er sich gerade befindet.

In Bezug auf die Entwicklung der Dentition ist zu sagen, dass sich in der vorliegenden Untersuchung zum Zeitpunkt T1 alle Patienten bereits im Wechselgebiss befanden. Das ist die Phase der Dentition, bei der gleichzeitig Milchzähne und bleibende Zähne vorhanden sind. Während aller drei Phasen des Wechselgebisses (frühes, mittleres und spätes Wechselgebiss) finden nicht nur Veränderungen in Bezug auf den Wechsel von Milch- zu bleibenden Zähnen statt, sondern auch Form und Größe der Zahnbögen sind großen natürlichen Veränderungen unterworfen.

Seit den Untersuchungen von MOORREES (1959) (98) ist hinlänglich bekannt, dass vor allem das Transversalwachstum des UK Zahnbogens strengen Richtlinien folgt. Seinen Untersuchungen zufolge nimmt die Interzahnweite bis zu dem Zeitpunkt zu, bis sich die bleibenden unteren Eckzähne zum Durchbruch anschicken. Danach verschmälert sich die Interkaninendistanz im Unterkiefer sogar ein wenig und bleibt dann konstant (vgl. Abb. 8). Nach Durchbruch der bleibenden unteren Eckzähne ist die transversale Dimension des Unterkiefer Zahnbogens nicht mehr dauerhaft veränderbar.

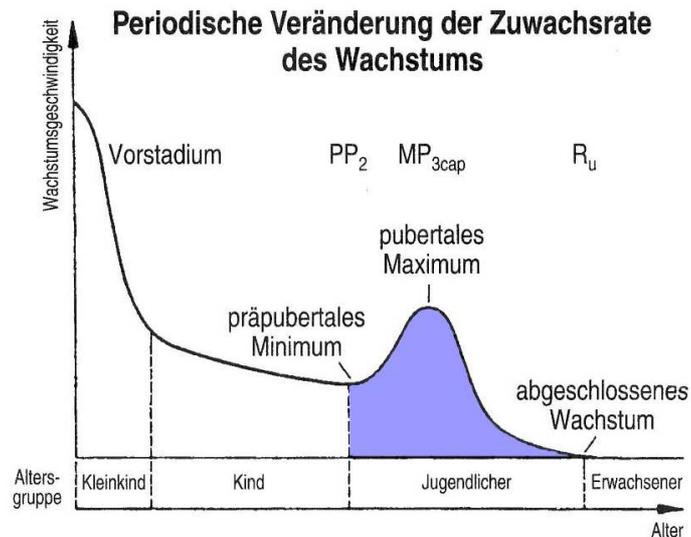


**Abb. 8** Transversale Distanz im UK nach MOORREES

aus: Kieferorthopädische Journalblätter. Poliklinik für Kieferorthopädie Universität München

Zu 2.: Skelettale Wachstumsvorgänge bis ins frühe Adoleszentenalter:

Neben diesen natürlichen Veränderungen oder Reifungsprozessen der Dentition finden bis ins junge Erwachsenenalter selbstverständlich auch skelettale Wachstumsprozesse statt. BJÖRK (1964) (26) hat mit Hilfe von Metallimplantaten diese Wachstumsvorgänge genau beschreiben und definieren können, so dass heute bekannt ist, dass durch Appositions- und Resorptionsvorgänge während der Kindes- und Adoleszentenphase ein stetiges Wachstum v. a. der Mandibula stattfindet (ISAACSON et al. (1977) (71)), dessen Intensität während des pubertalen Wachstumsschubes (hellblau hervorgehoben) am größten ist (Abb. 9).



**Abb. 9** Pubertales Wachstumsmaximum (farblich hervorgehoben)

**aus:** Kieferorthopädische Journalblätter. Poliklinik für Kieferorthopädie Universität München

Zu 3.: Postpubertale Wachstumsvorgänge bzw. Restwachstum des stomatognathen Systems:

Das Wissen um die Wachstumsvorgänge der Kiefer und des gesamten Gesichtsschädels bis ins Adoleszentenalter hinein gilt als unstrittig. Allerdings weiß man heute, dass sich die Wachstumsvorgänge im Gesichtsschädel darüber hinaus bis ins hohe Erwachsenenalter fortsetzen und als solche zum Teil auch Auswirkungen auf die einzelnen Zahnbögen und auf die Okklusion haben. Zwar ist das Maß und die Geschwindigkeit der Veränderungen im Laufe der späteren Lebensjahrzehnte geringer als im Kindes- und Jugendalter, doch mittlerweile herrscht Einigkeit darüber, dass lebenslang ein natürliches Restwachstum im stomatognathen System stattfindet.

LITTLE et al. (1988) (94) haben festgestellt, dass ein Großteil des Rezidivs nach kieferorthopädischer Therapie in den ersten 10 Jahren nach Beendigung der Behandlung auftritt, während in den darauf folgenden weiteren 10 Jahren zwar auch ein Rezidiv zu verzeichnen ist, welches aber in seinem Ausmaß deutlich geringer ausfällt. Diese Beobachtung deckt sich mit der Erkenntnis aus Studien über die natürliche Entwicklung des stomatognathen Systems, die belegen, dass die größten

Veränderungen zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr auftreten. Danach sind die Reifungsprozesse zwar immer noch nachweisbar, jedoch in ihrem Ausmaß geringer. Als Schlussfolgerung sprechen sich LITTLE et al. (94) für eine „life-long retention“ aus.

In Bezug auf die ethische Vertretbarkeit von Nachuntersuchungen sind bei der Wahl der Untersuchungsmethoden im Rahmen einer Langzeitstudie folgende Grundsätze zu beachten: Aus ethischen Betrachtungen heraus ist bei einer Langzeituntersuchung, die rein wissenschaftlichen Zwecken dient, und in dem Sinne keinen direkten Nutzen für die untersuchten Patienten darstellt, die Wahl von nicht-invasiven Untersuchungsmethoden wie der Modellanalyse und dem Erheben des PAR Index vorteilhaft. Der Patient muss lediglich zwei Alginatabformungen über sich ergehen lassen. Auch wenn im Rahmen der Studie radiologische Untersuchungen von der zuständigen Ethikkommission genehmigt werden, so ist die Bereitschaft der Patienten, sich zu rein wissenschaftlichen Zwecken Röntgenstrahlung auszusetzen, verständlicherweise gering.

LITTLE (1975) (91) lenkte mit Einführung seines Irregularity Index das Augenmerk vor allem auf den zunehmenden frontalen Engstand im Unterkiefer als sichtbaren Parameter für natürliche Veränderungsprozesse. Diese progrediente Kontaktpunktabweichung in der Unterkiefer Front lässt sich relativ einfach intraoral direkt am Patienten oder an einem Gipsmodell erheben und ist aus diesem Grunde als Untersuchungsmethode wegweisend für zahlreiche Langzeituntersuchungen gewesen.

Häufig entsteht der Eindruck, dass die Veränderungen im stomatognathen System aufgrund postpubertalen Restwachstums immer ein Rezidiv des zuvor erzielten kieferorthopädischen Behandlungserfolgs bedeuten. Demgegenüber stellen FELDMANN et al. (1999) (52) fest, dass sich bei unbehandelten Klasse II/1 Probanden die Verzahnung ohne therapeutischen Einfluss im Beobachtungszeitraum spontan verbessert.

## 1.8 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, im Rahmen einer breit angelegten Nachuntersuchung von Bionator-Patienten 20 Jahre nach der Behandlung festzustellen, wie viel von dem erreichten Behandlungserfolg nach dieser langen Zeit am Modellbefund noch nachweisbar ist. Anhand modellanalytischer Verfahren einerseits und der Erhebung des PAR Index andererseits sollen dabei folgende Fragen geklärt werden:

- Wie stabil bleibt die Frontzahnrelation beim Patienten in sagittaler (Overjet) und vertikaler (Overbite) Richtung?
- Was passiert langfristig mit der Zahnbogenform im Ober- und Unterkiefer zum einen in sagittaler, zum anderen in transversaler Richtung?
- Wie viel von der PAR Index Reduktion, die mit Hilfe der Bionator-Therapie erzielt werden konnte, ist nach 20 Jahren noch nachweisbar?
- Sind die in dieser Studie ermittelten Ergebnisse vergleichbar mit Aussagen in der Literatur?

Neben der vorliegenden Langzeituntersuchung Bionator-behandelter Patienten anhand von Modellanalyse und PAR Index wurde im Rahmen der Studie die Langzeitstabilität der erzielten Behandlungsergebnisse ebenfalls unter kephalometrischen Aspekten sowie in Bezug auf das Weichgewebsprofil nachuntersucht. Letztlich soll dann eine Gesamtaussage über den langfristigen Erfolg einer Behandlung mit dem funktionskieferorthopädischen Gerät Bionator getroffen werden können.

## 2 MATERIAL UND METHODE

### 2.1 Patientengut

Im Rahmen ihrer Habilitation (73) hat Prof. Rudzki-Janson im Jahr 1977 207 Patienten mit einer Klasse-II-Bissanomalie untersucht: 134 von diesen Patienten wurden mit einem Bionator therapiert. 5 Jahre nach der Behandlung wurden die Bionator-Patienten bereits im Rahmen zweier Doktorarbeiten (49, 88) auf die Konstanz der erzielten Ergebnisse bzw. Rezidive in skelettaler, dento-alveolärer und funktioneller Hinsicht nachuntersucht. Die Ergebnisse dieser Studien sind bereits publiziert worden (JANSON (1987) (74)).

In einer breit angelegten Langzeitstudie war es Dr. Noachtar möglich, von den behandelten 134 Patienten 36 Patienten 20 Jahre nach ihrer Bionator-Behandlung nachzuuntersuchen. Folgende praktische Schwierigkeiten ergaben sich beim Recall nach 20 Jahren:

- Wegzug einiger Patienten aus München,
- Schwierigkeiten dabei, weibliche Patienten ausfindig zu machen, da viele aufgrund von Heirat den Familiennamen gewechselt hatten,
- nicht vorhandene Bereitschaft der Patienten, aus rein wissenschaftlichen Gründen eine Röntgenuntersuchung über sich ergehen zu lassen,
- mangelndes Interesse der Patienten.

Für die Röntgenuntersuchung im Rahmen der Langzeituntersuchung ist im Vorfeld der Studie eine Genehmigung durch die Ethik-Kommission eingeholt worden.

Von Seiten Dr. Noachtars und ihres Teams ist keinerlei Selektion der Patienten erfolgt, sondern die Daten aller Patienten, die sich auf die Einladung zur Nachuntersuchung hin gemeldet haben, sind tatsächlich in die Studie aufgenommen

worden. Einziges Kriterium war das vollständige Vorhandensein aller Untersuchungsunterlagen zu den vier Untersuchungszeitpunkten.

Von den insgesamt 36 Patienten waren 19 Frauen und 17 Männer. Dies entspricht einer Geschlechtsverteilung von 52,8 % Frauen und 47,2 % Männern. Von jedem Patienten wurden im Rahmen der Nachuntersuchung (selbstverständlich nach Aufklärung über die Freiwilligkeit der Zustimmung) folgende Daten erhoben, bzw. Unterlagen erstellt:

- intraoraler Befund,
- klinische Funktionsanalyse,
- 3 extraorale und 4 intraorale Fotografien, die nach standardisiertem Verfahren aufgenommen wurden,
- Gipsmodelle, die in zentrischer Position schädelbezüglich einartikuliert wurden (SAM II Artikulator),
- OPT (Orthopantomogramm),
- FRS (Fernröntgenseitenbild)

Im Laufe der 20 Jahre, die die Patienten in Beobachtung waren, wurden die gleichen Befunde wie oben außerdem noch zu drei anderen Zeitpunkten erhoben, so dass sich insgesamt vier Untersuchungszeitpunkte ergeben:

- T1: Beginn der Bionator-Behandlung
- T2: Ende der Bionator-Behandlung
- T3: kieferorthopädisches Behandlungsende
- T4: 20 Jahre nach der Bionator-Behandlung

Da lediglich 19 von den insgesamt 36 Patienten eine weiterführende kieferorthopädische Behandlung nach der Bionator Therapie hatten, werden die Ergebnisse zum Zeitpunkt T3 in der vorliegenden Arbeit zwar deskriptiv dargestellt, aber nicht in die statistische Auswertung mit einbezogen, da die Anzahl der Patienten zum Zeitpunkt T3 mit 19 statistisch zu klein ist.

Die folgende Tabelle und das Boxplot Diagramm veranschaulichen die Altersstruktur der Patienten zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten T1-T4:

Tab. 1 Altersstruktur der Patienten

ALTER [Jahre]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	36	36	19	36
Mittelwert	10,3	12,9	15,1	32,8
Median	10,3	12,9	15,2	33,0
Standardabweichung	1,7	1,7	1,7	2,1
Minimum	6,8	8,9	11,8	26,8
Maximum	15,5	16,0	19,3	37,1

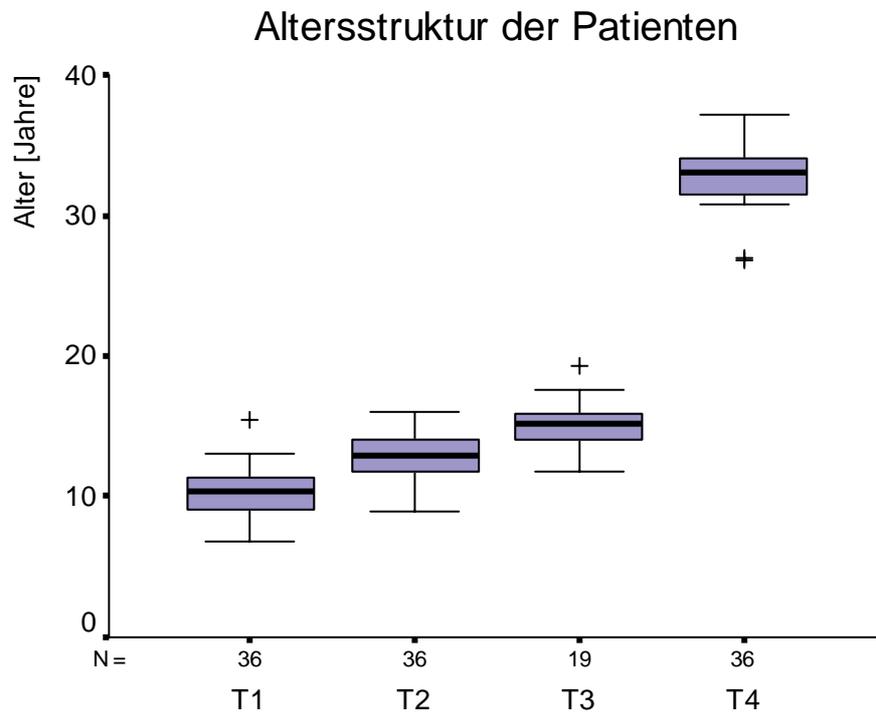


Abb. 10 Boxplot Altersstruktur

Im Schnitt waren die Patienten zum Zeitpunkt T1 10,3 Jahre alt, zum Zeitpunkt T2 12,9 Jahre, zum Zeitpunkt T3 15,1 Jahre und zum Zeitpunkt T4 32,8 Jahre.

Die Untersuchungsgruppe zeichnet sich demnach durch ausgewogene Geschlechterverteilung sowie durch Homogenität in Alter, Anfangsdiagnose und angewandter Therapie zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten aus.

In Anbetracht des langen Beobachtungszeitraums von 20 Jahren ist auch die Größe der Untersuchungsgruppe von 36 Patienten (von ursprünglich 134 behandelten Bionator-Patienten) als angemessen zu werten. So konnten SADOWSKY und SAKOLS (1982) (128) in ihrer Studie zur Langzeitstabilität kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse 12 bis 35 Jahre nach Behandlungsende lediglich 96 von ursprünglich 1800 angeschriebenen Patienten zu einer Mitarbeit motivieren. Auch BREDY und JUNGTO (1987) (30) stellten sich lediglich 327 von 720 kontaktierten Patienten mehr als 13 Jahre nach Beendigung der kieferorthopädischen Therapie zur Nachuntersuchung zur Verfügung.

Durchschnittlich 2,7 Jahre lang dauerte die Behandlung der Patienten mit dem Bionator. Die Nachuntersuchung erfolgte knappe 20 Jahre (19,9) später, d. h. das gesamte Zeitintervall, während dessen die Patienten in Beobachtung waren (T1 - T4) betrug insgesamt knapp über 22,5 Jahre (siehe Tab. 2).

Tab. 2 Dauer der untersuchten Zeitintervalle

Zeitintervall [Jahre]	T1-T2 Behandlung	T2-T4 Nachuntersuchung	T1-T4 Langzeitintervall
Gültige Messungen	36	36	36
Mittelwert	2,7	19,9	22,5
Median	2,6	20,2	22,6
Standardabweichung	1,1	1,7	1,4
Minimum	0,5	15,6	18,9
Maximum	5,0	22,6	25,8

Innerhalb dieser Langzeitstudie befasst sich die vorliegende Arbeit mit der Analyse der Patientenmodelle. Dabei wurden die Modelle sowohl nach klassischen modellanalytischen Verfahren ausgewertet, als auch mit Hilfe des PAR Index. Neben dieser rein modellanalytischen Untersuchung haben sich zeitgleich andere Kollegen mit der Auswertung der Kephalemetrie, der funktionellen Analyse und der Untersuchung des Weichgewebsprofils auseinandergesetzt.

## 2.2 Modellanalyse

Die modellanalytischen Messungen wurden in dieser Studie Computer-unterstützt mit Hilfe des Programms **Diagnosehelfer! (Plus)** von Dr. Wingberg durchgeführt. Dabei kam eine digitale Schieblehre der Marke MITUTOYO (ABSOLUTE Digimatic Caliper) (siehe Abb. 11) zum Einsatz.

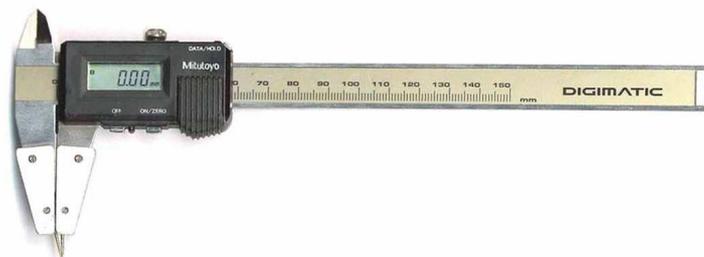


Abb. 11 Digitale Schieblehre MITUTOYO

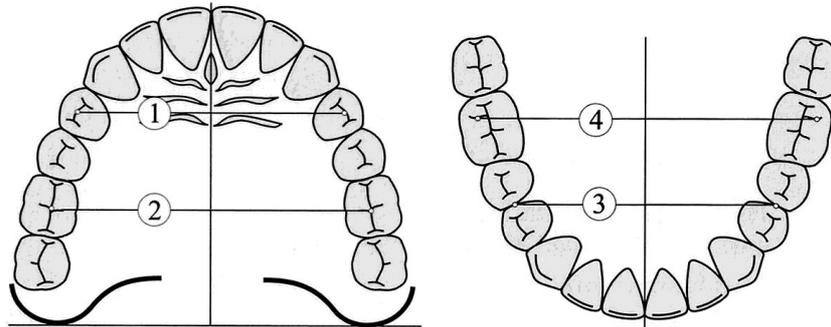
Um ein exakteres Anlegen der Schieblehre an die Messpunkte (vor allem interdental) zu ermöglichen, wurden die ursprünglich recht groben Branchen zur größeren Messgenauigkeit durch spitze Nadeln ersetzt. Die Schieblehre war mit einem Interface direkt mit dem Computer verbunden, so dass die jeweiligen Messergebnisse nur durch Drücken der LEER-Taste am Computer in das Programm aufgenommen wurden. Auf diese Weise konnten eventuelle Fehler beim Eintippen der Messergebnisse in den Computer vermieden werden.

Die Schieblehre erlaubt eine Messgenauigkeit von bis zu 2 Stellen hinter dem Komma, was für die Modellanalyse mehr als ausreichend ist. BISHARA und TREDER (1994) (24) verwenden in ihrer Untersuchung ein Modell gleichen Fabrikats und stellen fest, dass eine Messgenauigkeit von 0,05 mm für modellanalytische Aufgaben angemessen hoch ist. Für weitere Berechnungen wurden die gemessenen Werte dann auf eine Stelle hinter dem Komma gerundet.

In ihrer Untersuchung zu Exaktheit und Reliabilität von modellanalytischen Untersuchungen konnten PAIR et al. (2001) (104) bei allen geläufigen modellanalytischen Messungen eine hohe interindividuelle Korrelation ( $>0,80$ ) feststellen. Als Voraussetzung dafür muss ihrer Meinung nach allerdings gewährleistet sein, dass die Definitionen der einzelnen Messpunkte von Anfang der Untersuchung an klar vorgegeben und standardisiert sein müssen.

Folgende Messungen wurden in der vorliegenden Untersuchung bei jedem Gipsmodell durchgeführt:

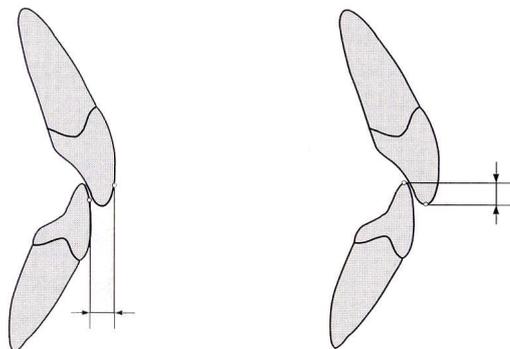
- Messen der **Einzelzahnbreiten** aller vorhandenen bleibenden Zähne am anatomischen Kontaktpunkt der Zähne (mesiodistaler Kronendurchmesser)
- Bestimmen des **vorhandenen Platzes in der Front und in den beiden Seitenzahnsegmenten (Stützzonen)** im Ober-, sowie im Unterkiefer durch Bilden der Differenz zwischen gemessenem vorhandenem Platzangebot und tatsächlich benötigtem Platz für alle Zähne im Zahnbogen
- Messen der **Interkaninendistanz** im UK (von Eckzahnspitze zu Eckzahnspitze)
- Messen der **anterioren und posterioren Zahnbogenbreite** nach PONT (110) sowie der **Zahnbogenlänge** nach KORKHAUS (86) ( $L_O$  im OK, bzw.  $L_U$  im UK). Diese Messungen wurden an den von PONT definierten Messpunkten abgegriffen (Abb. 12)



**Abb. 12** Messpunkte für die anterioren (1, 3) und posterioren (2, 4) Zahnbogenbreiten nach PONT, sowie  $L_O$  und  $L_U$  nach KORKHAUS

aus: Nötzel F., Schultz Ch.: Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Analysen und Tabellen für die Praxis. Deutscher Zahnärzte Verlag. Köln 2001

- Messen des **Overjet** (sagittale Frontzahnstufe) durch radiales Anlegen des Lineals parallel zur Okklusionsebene
- Messen des **Overbite** (vertikale Frontzahnstufe)



**Abb. 13** Messung des Overjet / Messung des Overbite

aus: Nötzel F., Schultz Ch.: Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Analysen und Tabellen für die Praxis. Deutscher Zahnärzte Verlag. Köln 2001

All diese Messungen ermöglichten, dass folgende modellanalytischen Parameter für jedes einzelne Modellpaar erfasst werden konnten:

Modellanalytische Parameter innerhalb des OK-Zahnbogens:

- Zahnbreiten 12, 11, 21, 22 (SI OK)
- Zahnbreiten der Zähne in der Stützzone im I. Quadranten (Zähne 13, 14 und 15)
- Zahnbreiten der Zähne in der Stützzone im II. Quadranten (Zähne 23, 24 und 25)
- daraus zusammengefasst die Summe aller Zahnbreiten im OK 16-26 (gesamter Platzbedarf im OK-Zahnbogen)
- vorhandener Platz in der OK-Front (distal 12- distal 22)
- vorhandener Platz in der Stützzone im I. Quadranten (distal 12 – mesial 16)
- vorhandener Platz in der Stützzone im II. Quadranten (distal 22 – mesial 26)
- daraus zusammengefasst die Summe des vorhandenen Platzes im OK-Zahnbogen
- Platzbilanz im OK
- anteriore Zahnbogenbreite im OK (Fissur 14 – Fissur 24)
- posteriore Zahnbogenbreite im OK (Fissur 16 – Fissur 26)
- Zahnbogenlänge ( $L_0$ ) im OK

Modellanalytische Parameter innerhalb des UK-Zahnbogens:

- Zahnbreiten 32, 31, 41, 42 (SI UK)
- Zahnbreiten der Zähne in der Stützzone im III. Quadranten (Zähne 33, 34 und 35)
- Zahnbreiten der Zähne in der Stützzone im IV. Quadranten (Zähne 43, 44 und 45)
- daraus zusammengefasst die Summe aller Zahnbreiten im UK 36-46 (gesamter Platzbedarf im UK-Zahnbogen)
- vorhandener Platz in der UK-Front (distal 32 - distal 42)

- vorhandener Platz in der Stützzone im III. Quadranten (distal 32 – mesial 36)
- vorhandener Platz in der Stützzone im IV. Quadranten (distal 42 – mesial 46)
- daraus zusammengefasst die Summe des vorhandenen Platzes im UK-Zahnbogen
- Platzbilanz im UK
- Interkaninendistanz im UK
- anteriore Zahnbogenbreite im UK (Kontaktpunkt 34/35 – Kontaktpunkt 44/45)
- posteriore Zahnbogenbreite im UK (distobukkaler Höcker 36 – distobukkaler Höcker 46)
- Zahnbogenlänge ( $L_U$ ) im UK

Intermaxilläre Parameter:

- Overjet (sagittale Frontzahnstufe)
- Overbite (vertikale Frontzahnstufe)

Von den oben aufgeführten Messergebnissen werden in der vorliegenden Arbeit folgende Parameter näher untersucht und statistisch ausgewertet:

- Overjet
- Overbite
- Unterkiefer Zahnbogenform
  - Zahnbogenlänge im UK ( $L_U$ )
  - Intereckzahnbreite im UK
  - anteriore Zahnbogenbreite im UK
  - posteriore Zahnbogenbreite im UK
- Oberkiefer Zahnbogenform
  - Zahnbogenlänge im OK ( $L_O$ )
  - anteriore Zahnbogenbreite im OK
  - posteriore Zahnbogenbreite im OK

Selbstverständlich wurden alle Messungen aus der Untersuchung ausgeschlossen, bei denen aufgrund von zahnärztlichen Restaurationen die Zahngrößendimension nicht mehr gewahrt war. Allerdings darf nicht unerwähnt bleiben, dass bei fast allen Patienten die Sechsjahrmolaren bereits beim Anfangsbefund mit ausgedehnten okklusalen Füllungen versehen waren. Dadurch war die Bestimmung der posterioren Zahnbogenbreite oft erschwert, zumal das Auffinden der Messpunkte im Oberkiefer (Mitte der Fissur der 6er) bei okklusal schlecht gestalteten Amalgamfüllungen nicht eindeutig war.

### 2.3 PAR Index

Der **Peer Assessment Rating (PAR) Index** wurde im Jahre 1987 von Stephen RICHMOND in Cardiff, England entwickelt (113, 114, 115, 116, 117, 118). Der PAR Index ist ein Punktebewertungssystem, das der Erfassung der Bissanomalie und der Zahnfehlstellungen eines Patienten anhand von Gipsmodellen dienen soll. Dabei erlaubt der Index eine Gesamtaussage über das Ausmaß der vorliegenden Malokklusion.

Dem vorliegenden Patientenmodell wird ein umso höherer Punktwert zugeteilt, je ausgeprägter sich die Bissanomalie darstellt. Demzufolge bedeutet ein PAR Index Wert von 0, dass es sich hierbei um eine Idealokklusion handelt. Bewertungen bis zu 10 Punkten können als nahezu ideal interpretiert werden. Theoretisch kann ein Punktwert von maximal 126 Punkten erreicht werden, wobei jedoch sogar schwerwiegende Malokklusionen selten einen Wert von 50 überschreiten.

Neben der Bewertung des Schweregrades einer Bissanomalie bei Erstvorstellung des Patienten beim Kieferorthopäden, kann der PAR Index auch zur Erfolgskontrolle angewendet werden. Indem man nämlich den PAR Wert des Endmodells (post-treatment) mit dem PAR Wert des Anfangsmodells (pre-treatment) vergleicht, lässt

sich der erzielte kieferorthopädische Behandlungserfolg in Form einer Reduktion des PAR Index Werts quantifizieren.

Die Ansprüche an einen derartigen Index waren dabei von Anfang an hoch angesiedelt: Einerseits fordert RICHMOND, dass auf diese Art und Weise der allgemeine Behandlungsstandard einer kieferorthopädischen Praxis objektiviert werden kann und der PAR Index somit als Mittel zur Eigenkontrolle dienen soll, andererseits soll er zur Verbesserung des Behandlungsniveaus in der Zukunft führen. Weiterhin soll durch die universelle Anwendung und Interpretation von Bewertungsmaßstäben eine Standardisierung (auch auf internationaler Ebene) stattfinden.

Der PAR Index wird, wie bereits erwähnt, anhand von Gipsmodellen ermittelt. Dabei wird der Zahnbogen (wie in Abb. 14 dargestellt) in drei Segmente unterteilt:

- jeweils 2 bukkale Segmente: distal 3 - mesial 6
- 1 anteriores Segment: mesial 3 – mesial 3

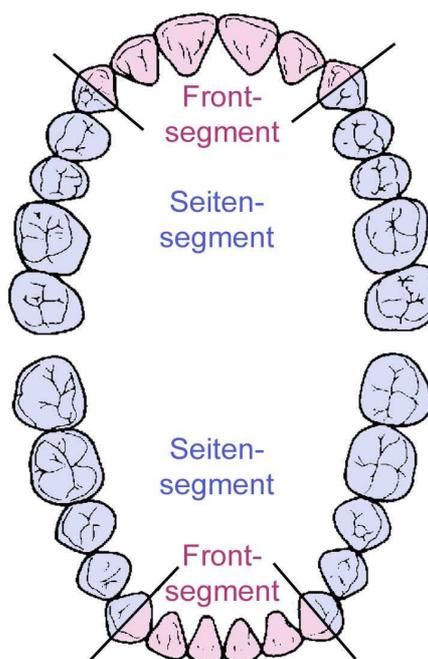


Abb. 14 Unterteilung der Zahnbögen in Segmente zum Ermitteln des PAR Index

Die fünf Komponenten, die bewertet werden, sind folgende:

1. Kontaktpunktverschiebungen im Frontsegment
2. linke und rechte bukkale Okklusion in
  - anterior-posteriorer,
  - transversaler und
  - vertikaler Dimension
3. Overjet bzw. frontaler Kreuzbiss
4. Overbite bzw. frontal offener Biss
5. Mittellinienbeurteilung

Als Hilfsmittel und Gedächtnisstütze in einem hat RICHMOND den „PAR ruler“ (Abb. 15) entwickelt, so dass man zum Erheben des PAR Index neben dem „PAR ruler“ nur noch Zettel, Stift und ein Lineal benötigt.

<b>ANT-POST</b>	
0 None	
1 < 1/2 unit dis	
2 = 1/2 unit dis	
<b>TRANSVERSE</b>	
0 None	
1 Xbite tend > = 1t	
2 1 tooth in xbite	
3 > 1 tooth in xb	
4 > 1 tooth in sb	
<b>VERTICAL</b>	
0 None	
1 openb 2t > 2mm	
<b>CENTRELINE</b>	
0 <= 1/4	
1 1/4 - 1/2	
2 > 1/2	
<b>OVERBITE</b>	
0 0 - 1/3	open b
1 1/3 - 2/3	—
2 >2/3	—
3 >= FTC	—
4	→
<b>CONTACT Pt</b>	
0	—
1	—
2	—
3	—
4	→
5 Impacted tooth	
<b>THE PAR INDEX</b>	
<small>IOI/N © VICTORIA UNIVERSITY OF MANCHESTER</small>	
<b>OVERJET</b>	
4	> 2 t x b
3	2 t x b
2	1 t x b
1	e l o e
0	

**Abb. 15** Der „PAR ruler“

aus: Richmond S., O'Brien K. D., Buchanan I. B., Burden D. J.: An Introduction to Occlusal Indices. Mandent Press. University of Manchester. 1994<sup>2</sup>

Die Vergabe der Punktwerte innerhalb der einzelnen Komponenten des PAR Index erfolgt nach klar definierten Regeln:

### 1. Kontaktpunktverschiebungen im Frontsegment

**Tab. 3** PAR Index Bewertung: Kontaktpunktverschiebung im Frontsegment

<b>Kontaktpunktverschiebung</b>	<b>Punktwert</b>
0 – 1 mm	0 Punkte
1,1 – 2 mm	1 Punkt
2,1 – 4 mm	2 Punkte
4,1 – 8 mm	3 Punkte
> 8 mm	4 Punkte
impaktierter Zahn	5 Punkte

Im Ober – sowie Unterkiefer werden jeweils 5 Kontaktpunkte bewertet, so dass insgesamt zehn Punktwerte vergeben werden. Diese zehn Punktwerte werden schließlich zusammengezählt und bilden so den PAR Index Punktwert für die Kontaktpunktverschiebung in der Front

### 2. Bukkale Okklusion

**Tab. 4** PAR Index Bewertung: bukkale Okklusion - Sagittale

<b>Bukkale Okklusion</b>	
<b>1. Sagittale</b>	<b>Punktwert</b>
gute Höcker-Fossa-Verzahnung (Angle Klass I, II oder III)	0 Punkte
Abweichung < ½ Prämolarenbreite	1 Punkt
Abweichung = ½ Prämolarenbreite (Höcker-Höcker-Verzahnung)	2 Punkte

Tab. 5 PAR Index Bewertung: bukkale Okklusion - Vertikale

<b>Bukkale Okklusion</b>	
<b>2. Vertikale</b>	<b>Punktwert</b>
kein offener Biss	0 Punkte
offener Biss an mind. 2 Zähnen > 2 mm	1 Punkt

Tab. 6 PAR Index Bewertung: bukkale Okklusion - Transversale

<b>Bukkale Okklusion</b>	
<b>3. Transversale</b>	<b>Punktwert</b>
Kein Kreuzbiss	0 Punkte
Kreuzbiss-Tendenz	1 Punkt
1 Zahn im Kreuzbiss	2 Punkte
> 1 Zahn im Kreuzbiss	3 Punkte
> 1 Zahn im Scherbiss	4 Punkte

Die bukkale Verzahnung der Seitensegmente wird sowohl für die rechte, als auch für die linke Seitenzahnreihe erhoben. Die Beurteilung erfolgt beide Male in allen drei Ebenen des Raumes: in der Sagittalen, in der Vertikalen und in der Transversalen. So erhält man insgesamt sechs Punktwerte, die man letztlich miteinander addiert, um den Punktwert für die Verzahnung der Seitensegmente zu erhalten.

### 3. Overjet bzw. frontaler Kreuzbiss

Tab. 7 PAR Index Bewertung: Overjet bzw. frontaler Kreuzbiss

<b>Overjet</b>	<b>Frontaler Kreuzbiss</b>	<b>Punktwert</b>
0 mm	kein Kreuzbiss	0 Punkte
3,1 – 5 mm	mind. 1 Zahn im Kopfbiss	1 Punkt

5,1 – 7 mm	1 Zahn im Kreuzbiss	2 Punkte
7,1 – 9 mm	2 Zähne im Kreuzbiss	3 Punkte
> 9 mm	> 2 Zähne im Kreuzbiss	4 Punkte

In einigen Fällen kann es vorkommen, dass bei einem Patienten sowohl ein positiver Overjet, als auch ein anteriorer Kreuzbiss vorliegen. Wenn dem so ist, werden anhand obiger Tabelle zwei Punktwerte vergeben, die am Ende addiert werden.

#### 4. Overbite bzw. frontal offener Biss

Tab. 8 PAR Index Bewertung: Overbite bzw. frontal offener Biss

Overbite	Frontal offener Biss	Punktwert
$\leq \frac{1}{3}$ Überdeckung des UK Inzisivus	kein offener Biss	0 Punkte
Zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{2}{3}$ Überdeckung des UK Inzisivus	offener Biss $\leq 1$ mm	1 Punkt
$> \frac{2}{3}$ Überdeckung des UK Inzisivus	offener Biss 1,1 – 2 mm	2 Punkte
$\geq$ Überdeckung der ganzen UK Inzisivus Krone	offener Biss 2,1 – 4 mm	3 Punkte
	offener Biss $\geq 4$ mm	4 Punkte

Ähnlich wie beim Overjet, kann es auch in der Beurteilung der vertikalen Frontzahnrelation Fälle geben, bei denen an den vier Inzisivi sowohl ein positiver Overbite als auch eine frontal offene Situation auftreten. Auch hier werden dann zwei Werte ermittelt und anschließend die beiden Werte für Overbite und frontal offenen Biss addiert.

## 5. Mittellinienbeurteilung

Tab. 9 PAR Index Bewertung: Mittellinienbeurteilung

Mittellinienbeurteilung	Punktwert
korrekte Mittellinie bzw. Abweichung um bis zu $\frac{1}{4}$ der Breite eines UK Frontzahnes	0 Punkte
Abweichung um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ der Breite eines UK Frontzahnes	1 Punkt
Abweichung um mehr als $\frac{1}{2}$ der Breite eines UK Frontzahnes	2 Punkte

Bei der Beurteilung der Mittellinie dient die untere Mittellinie als Bezugspunkt und die Abweichungen der oberen Mittellinie werden – gemäß obiger Tabelle – in Relation zur Breite eines UK Frontzahnes ermittelt.

Die Punktwerte für die fünf PAR Index Komponenten werden miteinander addiert und bilden so den Gesamt-PAR Index für einen Gebissbefund. Doch noch während der Entwicklungsphase des PAR Index bemerkten RICHMOND und sein Team, dass nicht alle fünf Komponenten (Kontaktpunktverschiebungen im Frontsegment, Verzahnung der Seitenzahnreihen, Overjet, Overbite und Mittellinienabweichung) innerhalb des Index gleichermaßen ausschlaggebend sind für die unter Fachleuten geläufige Gesamtbeurteilung eines Gebissbefundes. So kam es schon in dieser frühen Phase zu einer Weiterentwicklung des Index. In einer breit angelegten Studie mit 74 erfahrenen Kieferorthopäden wurden insgesamt 272 Modelle in Bezug auf den Schweregrad der vorliegenden Malokklusion bewertet und daraus wurde dann eine Gewichtung der einzelnen PAR Index Komponenten abgeleitet, die die aktuelle Meinung britischer Kieferorthopäden widerspiegelt (113):

Der Punktwert für den Overjet wird mit 6 multipliziert, Overbite wird doppelt gewichtet und der Wert für die Mittellinienabweichung sogar vervierfacht (Tab. 10). Alle

anderen Komponenten behalten ihre einfache Wertigkeit und werden auch weiterhin nur miteinander addiert.

Tab. 10 Gewichtungsfaktoren der fünf PAR Index Komponenten

PAR Index Komponente	Gewichtungsfaktor
Kontaktpunktverschiebungen	1
bukkale Okklusion	1
Overjet bzw. frontaler Kreuzbiss	6
Overbite bzw. frontal offener Biss	2
Mittellinienabweichung	4

Da international keine Einigkeit über die Bewertung von Gebissbefunden herrscht, können – je nach Einsatzregion – anhand ähnlich angelegter Studien andere Gewichtungsfaktoren ermittelt werden, zumal die starke Gewichtung des Overjet bei den britischen Kieferorthopäden diskussionswürdig ist. Beispielsweise haben DE GUZMAN et al. im Jahre 1995 (40) neue Gewichtungsfaktoren für den Gebrauch des PAR Index in den USA ermittelt.

Hat man sich dann für eine Gewichtungsvorgabe entschieden, ist es wichtig, dass man innerhalb einer Untersuchung immer dieselben Faktoren anwendet, um Vergleiche zwischen den Werten für den Befund bei Behandlungsbeginn und bei Behandlungsende anstellen zu können. Der direkte Vergleich zwischen den PAR Index Werten des gleichen Patienten vor und nach der Behandlung liefert uns Informationen über das Ausmaß des Behandlungserfolgs. Dabei wird eine Klassifizierung des Behandlungserfolgs in drei unterschiedliche Grade vorgenommen:

Eine Reduktion des Punktwertes von Anfangs- zu Endbefund um mindestens 22 Punkte klassifiziert RICHMOND als „greatly improved“. Wenn der PAR Index um mindestens 30% seines Ausgangswerts verkleinert werden kann, so bezeichnet man das als „improved“. Alle anderen Ergebnisse, d. h. all jene Fälle, bei denen die

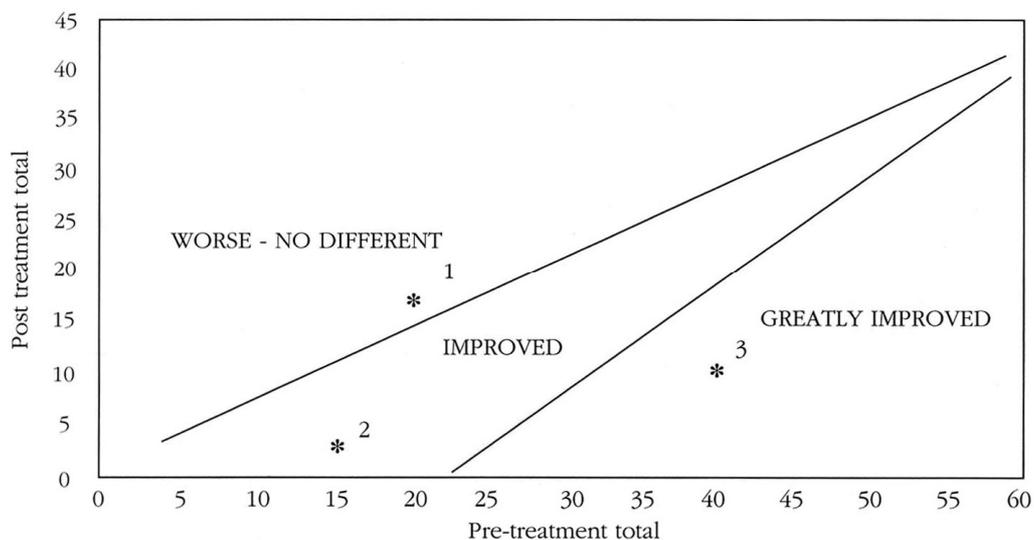
Punktwertreduktion weniger als 30% beträgt, sind gemäß RICHMOND als „worse or no different“ einzustufen (Tab. 11).

Tab. 11 Bewertungsmaßstab für die Beurteilung des Behandlungsergebnisses mit dem PAR Index

Worse or no different	Reduktion des PAR Index um weniger als 30%
Improved	Reduktion des Par Index um 30%
Greatly improved	Reduktion des PAR Index um mind. 22 Punkte

RICHMOND et al. 1994 (116) fordern als Qualitätsmaßstab für kieferorthopädische Fachpraxen, dass zumindest 40% der Behandlungserfolge unter die Kategorie „greatly improved“ fallen sollten. Außerdem soll die prozentuale Reduktion des PAR Index bei allen Patienten im Schnitt mindestens 70% betragen.

Darüber hinaus empfehlen sie, die anhand des PAR Index ermittelten Behandlungsergebnisse mit Hilfe eines Nomogramms graphisch darzustellen. Dabei wird auf der X-Achse der PAR Index des Anfangsbefundes (pre-treatment) und auf der Y-Achse der PAR Index des Endbefundes (post-treatment) aufgetragen. Fügt man Linien zur Unterteilung der drei Abstufungen des Behandlungserfolges („improved“, „greatly improved“ und „worse or no different“) ein, lässt sich auf einen Blick ablesen, wie viele Patienten einer Untersuchung in welche Erfolgsgruppe eingestuft werden können. Zur Verdeutlichung ist in Abb. 16 ein solches Nomogramm dargestellt:



**Abb. 16** Nomogramm zur Beurteilung des Behandlungserfolgs anhand des PAR Index

aus: Richmond S., O'Brien K. D., Buchanan I. B., Burden D. J.: An Introduction to Occlusal Indices. Mandent Press. University of Manchester. 1994<sup>2</sup>

Der PAR Index wurde in der vorliegenden Untersuchung nach den Vorgaben von RICHMOND erfasst. Auch die Gewichtungsfaktoren (Overjet: x6, Overbite: x2, Mittellinienabweichung x4) sind nach seinen Vorgaben übernommen worden. Um das Ablesen der Ergebnisse übersichtlicher zu gestalten, ist im Zuge der vorliegenden Arbeit ein PAR Index Analyseblatt entworfen worden (siehe Anhang Kapitel 7.6).

## 2.4 Statistische Methoden

Zur deskriptiven Analyse der Variablen wurden zu allen vier Untersuchungszeitpunkten folgende Daten ermittelt:

- Zahl der gültigen Messungen
- Mittelwert
- Median

- Standardabweichung
- Minimum
- Maximum

Die graphische Darstellung der gültigen Messungen erfolgt mit Boxplot-Diagrammen. Ungültige Messungen ergeben sich bei der Durchführung einer modellanalytischen Untersuchung aus zweierlei Gründen: entweder der zur Messung heranzuziehende Zahn ist bei dem Patienten nicht in situ (d. h. er ist noch nicht durchgebrochen, war von Natur aus nicht angelegt oder er wurde extrahiert), oder aber der betreffende Zahn wurde im Vorfeld der Untersuchung durch zahnärztliche Restaurationen in seiner Größe und Form so verändert, dass eine aussagekräftige Messung nicht möglich ist.

Aufgrund der Tatsache, dass viele der Variablen keine Normalverteilung aufweisen (im Vorfeld der weiteren statistischen Auswertungen anhand des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests getestet), wurden bei der Beurteilung der statistischen Signifikanzen durchweg nicht-parametrische Tests zur Anwendung gebracht.

Wie bereits eingangs erwähnt, wurden lediglich die Ergebnisse zu den Zeitpunkten T1, T2 und T4 statistisch ausgewertet, da die Größe der untersuchten Gruppe zum Zeitpunkt T3 ( $n = 19$  Patienten) statistisch gesehen zu klein ist.

Zunächst wurden die Signifikanzen zwischen den Variablen zu den Zeitpunkten T1, T2 und T4 anhand des Friedman Tests ( $k$  abhängige Stichproben) ermittelt. Zur exakteren Differenzierung wurde im Anschluss der Wilcoxon-Test (2 abhängige Stichproben) angewandt. Dieses statistische Testverfahren ermöglicht ein paarweises Vergleichen auf Gruppenunterschiede.

Die untersuchten Variablenpaare waren:

- T1 und T2 (Bionator-Behandlung)
- T2 und T4 (Nachuntersuchungsintervall)

Die Irrtumswahrscheinlichkeit bei der Beurteilung der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wurde auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt. Daraus ergeben sich folgende Signifikanzniveaus:

- $p > 0,05$ : nicht signifikant
- $p < 0,05$ : signifikant
- $p < 0,01$ : hoch signifikant
- $p < 0,001$ : höchst signifikant

Alle Tabellen, Diagramme und statistischen Analysen sind mit Hilfe der Programme Excel XP (Microsoft) und SPSS 10.0 erstellt worden.

## 2.5 Fehleranalyse

Jede ernst zu nehmende wissenschaftliche Untersuchung muss nach Meinung von HOUSTON (1983) (69) und BEGOLE (2003) (18) eine angemessene statistische Auswertung der Ergebnisse, aber auch eine Fehleranalyse enthalten. Innerhalb der Fehleranalyse muss die Diskussion um Validität und Reliabilität der anhand von empirischen Messungen erzielten Ergebnisse erfolgen.

Dabei bezeichnet der Begriff der **Validität** das Maß der Übereinstimmung zwischen dem Messwert und dem tatsächlichen, objektivierbaren Wert des untersuchten Objekts. Dieser Parameter ist sozusagen Methoden-inherent, d. h. er wird beim Beschreiben bzw. Entwickeln jeder neuen Messmethode im Vorfeld von den publizierenden Wissenschaftlern geklärt.

In Bezug auf den PAR Index dienen die im Zuge der Entwicklung des Index durchgeführten Validitätstests von RICHMOND et al. (112) als Nachweis dafür, dass der PAR Index tatsächlich das zum Ausdruck bringt, was er vorgibt zu quantifizieren.

Auch bei der Beurteilung der Validität der klassischen modellanalytischen Verfahren, die im Zuge der vorliegenden Untersuchung zum Einsatz gekommen sind, kann man sich auf Aussagen aus der Literatur stützen. So stellen RUDGE et al. (1983) (123) fest, dass die international gebräuchliche Modellvermessung mit einer Schieblehre repräsentative Ergebnisse im Vergleich zu anderen geläufigen Messmethoden (z. B. mit Messingdraht) liefert. Auch wenn die tatsächliche Validität vieler Messmethoden in der Kieferorthopädie – so auch bei der Modellvermessung – in der Praxis häufig geringer ausfällt, als allein vom mathematischen Standpunkt aus erhofft, so bleibt die Methodik RUDGE et al. zufolge in Ermangelung besserer Alternativen dennoch praktikabel, solange man sich der Einschränkungen bewusst ist.

Die **Reliabilität** einer Methode beschreibt die Übereinstimmung zwischen verschiedenen wiederholten Messungen am gleichen Objekt, also die Verlässlichkeit (ROBERTS und RICHMOND (1997) (120)) der Messmethode.

Dabei ist die Reliabilität nach RUDGE et al. (1983) (123) abhängig von drei Faktoren:

1. der Qualität der zur Untersuchung herangezogenen Unterlagen
2. der Voraussetzungen bei den Messungen
3. der Sorgfältigkeit und Erfahrung des Messenden

zu 1.: In Bezug auf die Qualität der vermessenen Modelle ist zu sagen:

Alle Gipsmodelle in der vorliegenden Untersuchung wurden von einem professionellen zahntechnischen Labor (zunächst in der Praxis von Prof. Rudzki-Janson, später im klinikeigenen Labor der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universität München) angefertigt und genügen höchsten Ansprüchen bezüglich dimensionsgetreuer Abbildung der anatomischen Verhältnisse und Kantenfestigkeit des Gipses – auch über Jahre hinweg. Patienten, bei denen keine vollständigen und tadellosen Gipsmodelle zu allen Untersuchungszeitpunkten vorlagen, wurden von vorne herein aus der Untersuchung ausgeschlossen.

Zu 2.: Um die Voraussetzungen bei den Messungen möglichst optimal und konstant zu halten, wurde folgendes beachtet:

- Alle Messungen wurden von ein und derselben Person durchgeführt, so dass inter-individuelle Unterschiede bei den Messungen (z. B. unterschiedliches Auffinden der Messpunkte) vermieden werden konnten.
- Es wurde immer die gleiche Schieblehre von MITUTOYO (siehe Abb. 11) verwendet. Nach dem Vermessen von ca. drei bis vier Gipsmodellen erfolgte jeweils eine Neukalibrierung.
- Durch die Kabelverbindung der Schieblehre mit dem Computer konnten Fehler beim Ablesen der Messwerte bzw. beim Eintippen der Messwerte in den Computer vermieden werden.
- Der Arbeitsplatz war stets gut ausgeleuchtet.
- Die Reihenfolge der vermessenen Modelle war arbiträr, um Vorurteile beim Messen zu verhindern.
- Alle Messungen wurden innerhalb von zwei Monaten ausgeführt.

Zu 3.: Die Sorgfältigkeit und Erfahrung des Messenden wurden durch folgende Maßnahmen sichergestellt:

Im Vorfeld der Untersuchung fand unter Leitung von Dr. Noachtar eine Kalibrierung der Doktorandin in Bezug auf modellanalytisches Messen statt. Nach einer theoretischen Anleitung zum Definieren und Auffinden der korrekten Messpunkte, wurden zahlreiche Modelle von der Doktorandin vermessen und anschließend mit den Ergebnissen einer erfahrenen Kieferorthopädin (Dr. Reiter) verglichen.

Die Kalibrierung der Doktorandin beim Ermitteln des PAR Index wurde im Rahmen einer Fortbildungsveranstaltung bei Dr. Stephen Richmond (Würzburg, Oktober 1998) vorgenommen.

Trotz aller Sorgfalt können Fehler definitionsgemäß niemals vollständig vermieden werden, so dass jede noch so genau durchgeführte Messung stets fehlerbehaftet bleibt. Dabei unterscheidet man zwei unterschiedliche Fehlerarten: die **systematischen** und die **zufälligen Fehler**. Diese beiden Fehlerarten sind unabhängig voneinander. Folgende Formel veranschaulicht diesen Umstand:

$$X = T + r + e$$

- X: Messwert
- T: tatsächlicher Wert
- r: systematischer Fehler
- e: zufälliger Fehler

Demnach setzt sich der gemessene Wert nicht nur aus dem tatsächlichen Wert der untersuchten Größe zusammen, sondern wird zudem von einem systematischen Fehler und von einem zufälligen Fehler mit beeinflusst.

Die Faktoren für systematische Fehler, nämlich inter-individuelle Messunterschiede, bzw. große Zeitintervalle zwischen den Mess-Sitzungen konnten – wie oben beschrieben – weitgehend vermieden werden. Aus diesem Grund konzentriert sich die vorliegende Fehleranalyse auf das Auffinden und Definieren von zufälligen Fehlern.

25 Modelle wurden im Zuge der Fehleranalyse ein zweites Mal vermessen. HOUSTON (1983) (69) erachtet diese Anzahl an Messwiederholungen für optimal. Zur Identifizierung des systematischen Fehlers wurde der t-Test für paarweise Stichproben angewandt.

Bei der Beurteilung des zufälligen Fehlers wurde die Dahlberg-Formel zur Anwendung gebracht (DAHLBERG (1940) (38)), die laut HOUSTON (1983) (69) häufig in wissenschaftlichen Untersuchungen im Bereich der Kieferorthopädie Verwendung findet. Auch GIBBS und HUNT (1992) (56) machen in ihrer Studie zur

Beeinflussung der Zahnbogenbreite durch funktionskieferorthopädische Apparaturen von dieser statistischen Methode Gebrauch.

Dabei definiert sich der als „Dahlberg-Fehler“ bezeichnete zufällige Fehler nach folgender Formel:

$$\text{Dahlberg-Fehler [mm]} = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

d = Differenz zwischen den beiden Messergebnissen [mm]

n = Anzahl der erfolgten Doppelmessungen

Das Ermitteln des Dahlberg-Fehlers im Zuge der Fehleranalyse ergab folgende Ergebnisse (vgl. Tabelle im Anhang (Kap. 7.5)):

- In der vorliegenden Untersuchung weist keine der Einzelzahnmessungen einen größeren Dahlberg-Fehler als 0,20 mm auf.
- Alle Messungen zu den Zahnbogenbreiten bzw. Zahnbogenlängen sowie zu den vorhandenen Platzangeboten in den einzelnen Zahnbogensegmenten weisen einen Dahlberg-Fehler unter 0,30 mm auf.
- Lediglich die Messung des Platzangebotes der OK Stützzone links weist mit 0,36 mm einen zu hohen und daher nicht mehr akzeptablen Fehler auf.

Dieser Umstand mag daran liegen, dass beim Abgreifen der Stützzonengröße die Definition der Messpunkte gerade bei rotierten Zähnen erschwert ist. In der vorliegenden Untersuchung wurde jedoch diese Messung – wie alle anderen Messungen des vorhandenen Platzangebotes – nicht mit in die Beurteilung der Ergebnisse aufgenommen, so dass der anhand der Dahlberg-Formel ermittelte zu große zufällige Fehler an dieser Stelle unbeachtet bleiben kann.

## 3 ERGEBNISSE

### 3.1 Modellanalyse

Der Friedman-Test ergab für die meisten untersuchten Variablen deutliche Signifikanzen. Lediglich bei den Parametern anteriore und posteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer sowie posteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer konnten anhand des Friedman-Verfahrens keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T4 festgestellt werden (vgl. Tabelle im Anhang).

#### 3.1.1 Overjet

Während der Bionator-Behandlung konnte der Overjet bei den Patienten von durchschnittlich 4,9 mm auf 2,9 mm reduziert werden. Dies entspricht einer Verbesserung von 2 mm im Schnitt. Diese deutliche und statistisch höchst signifikante Verbesserung (Signifikanz:  $p < 0,001$ ) während der Bionator-Behandlung blieb zu einem guten Teil auch im Nachuntersuchungsintervall stabil (OJ = 3,1 mm). Die Zunahme des Overjet im Nachuntersuchungszeitraum (T2-T4) ist statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ), so dass man von einer auch im Langzeitintervall über 20 Jahre hinweg stabilen Overjet-Verringerung als therapeutischem Effekt der Bionator-Behandlung sprechen kann.

Tab. 12 Deskriptive Statistik Overjet

Overjet [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	35	36	19	36
Mittelwert	4,9	2,9	3,4	3,1

Median	4,0	2,5	3,0	3,0
Standardabweichung	2,7	2,2	2,5	2,0
Minimum	0,0	0,0	1,5	0,0
Maximum	11,0	13,0	11,0	12,0

Tab. 13 Wilcoxon Test Overjet

Overjet	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	< 0,001
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,454

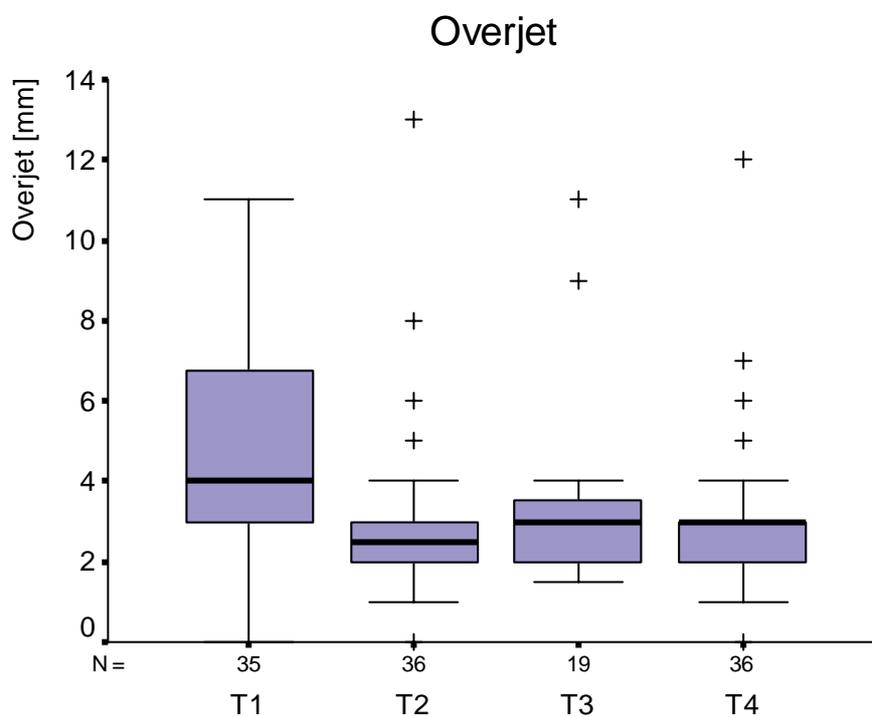


Abb. 17 Boxplot Overjet

### 3.1.2 Overbite

Die vertikale Frontzahnstufe (Overbite) wurde durch die Therapie mit dem Bionator erwartungsgemäß von durchschnittlich 3,5 mm auf 2,8 mm verringert. Diese Bionator-Wirkung ist statistisch hoch signifikant ( $p < 0,01$ ). Zudem blieb dieser Therapieerfolg bis zum Zeitpunkt T3 stabil, rezidierte aber fast vollständig (Signifikanz  $p < 0,05$ ) bis zum Zeitpunkt T4 (3,4 mm).

Einer der Patienten (C.,Y. ♀) wies bei Behandlungsbeginn aufgrund eines Lutschhabits einen frontal offenen Biss auf (Overbite = -7 mm). Dieser offene Biss konnte durch den Bionator geschlossen werden, so dass der Overbite zum Zeitpunkt T2 bereits 3 mm betrug. Auch im Langzeitintervall blieb dieser Therapieerfolg stabil, so dass zum Zeitpunkt T4 ein Overbite von 4 mm zu verzeichnen war.

Um die Aussagekraft des Boxplot-Diagramms nicht zu mindern, wurde darauf verzichtet, die Werte für diesen Patienten im Diagramm mit einzubeziehen.

Tab. 14 Deskriptive Statistik Overbite

Overbite [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	34	36	19	36
Mittelwert	3,5	2,8	2,8	3,4
Median	4,0	3,0	2,5	3,5
Standardabweichung	2,4	1,6	1,2	1,5
Minimum	-7,0	0,0	1,0	0,0
Maximum	6,0	6,0	5,5	7,0

Tab. 15 Wilcoxon Test Overbite

Overbite	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,006
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,020

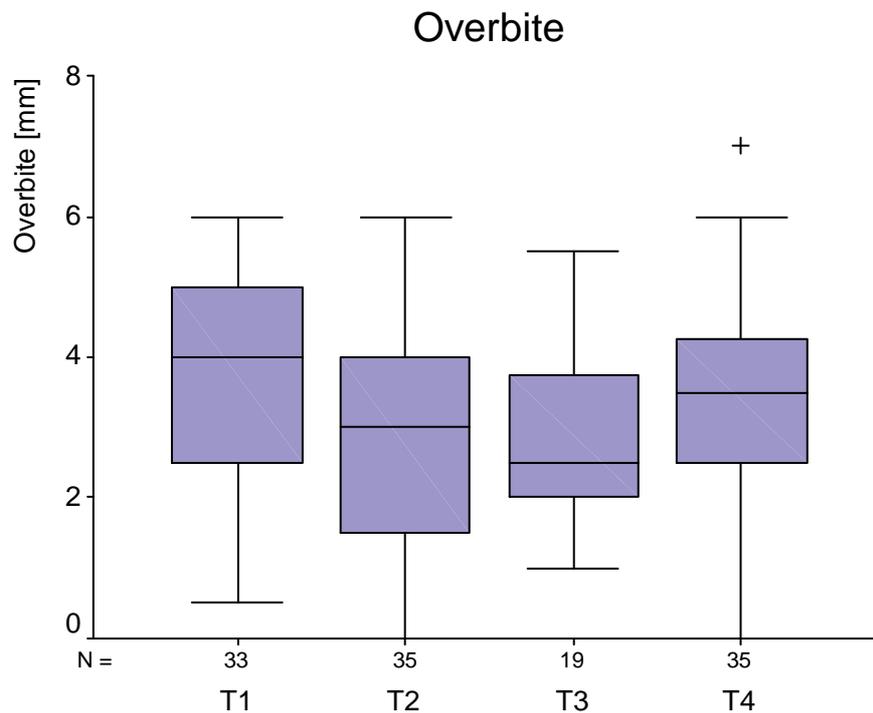


Abb. 18 Boxplot Overbite

### 3.1.3 Unterkiefer Zahnbogenform

#### 3.1.3.1 Zahnbogenlänge im UK ( $L_U$ )

Die Verkürzung der Zahnbogenlänge während der Bionator-Behandlung im Intervall T1-T2 war gering und statistisch nicht signifikant. Demzufolge kann man daraus schließen, dass der Bionator in der vorliegenden Untersuchung keinen therapeutischen Einfluss auf die Zahnbogenlänge im Unterkiefer ausgeübt hat. Allerdings konnte nachgewiesen werden, dass sich die Zahnbogenlänge bis zum Zeitpunkt T4 im Vergleich zum Anfangsbefund deutlich verkürzte (im Schnitt um 1,2 mm).

Bei der Interpretation dieses Parameters muss beachtet werden, dass zum Zeitpunkt T1 wegen des noch nicht erfolgten Zahnwechsels der Prämolaren im Unterkiefer

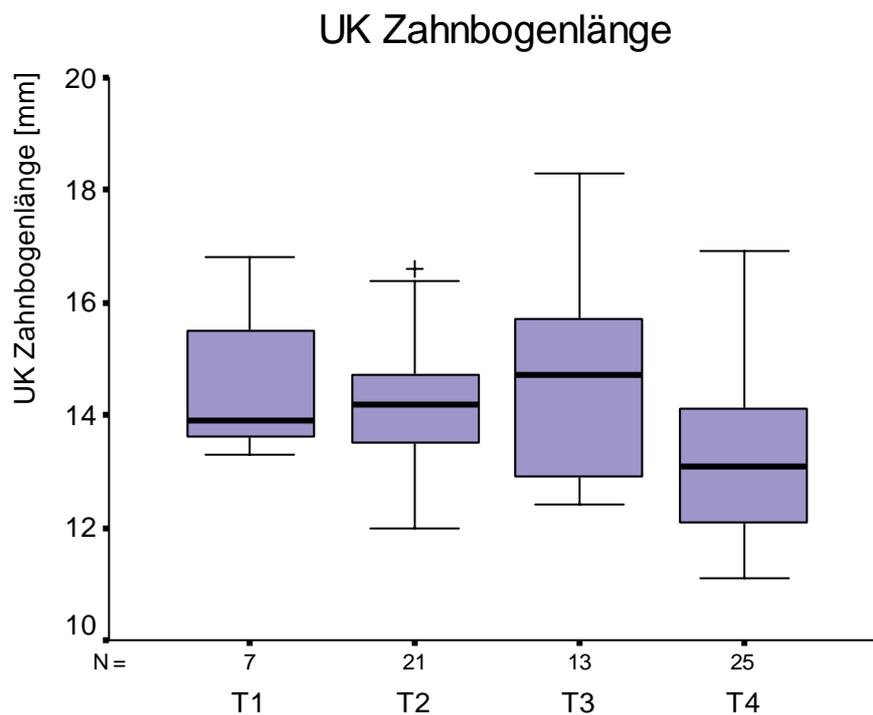
lediglich 7 Messungen der UK Zahnbogenlänge durchgeführt werden konnten. Dies schränkt die Aussagekraft der vorliegenden Messergebnisse stark ein.

**Tab. 16** Deskriptive Statistik UK Zahnbogenlänge

UK Zahnbogenlänge [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	7	21	13	25
Mittelwert	14,6	14,2	14,5	13,4
Median	13,9	14,2	14,7	13,1
Standardabweichung	1,3	1,2	1,8	1,7
Minimum	13,3	12,0	12,4	11,1
Maximum	16,8	16,6	18,3	16,9

**Tab. 17** Wilcoxon Test UK Zahnbogenlänge

UK Zahnbogenlänge	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,500
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,002



**Abb. 19** Boxplot UK Zahnbogenlänge

### 3.1.3.2 Intereckzahnbreite im UK

Die Messungen in dieser Studie ergeben, dass – gemäß den Forderungen von MOORREES (98) – weder während der Behandlung mit dem Bionator, noch im Laufe der weiterführenden KFO-Behandlung bei einem Teil der Patienten, die Intereckzahnbreite iatrogen vergrößert worden ist. Dies bestätigen die Messwerte von durchschnittlich 26,9 mm Intereckzahnbreite zum Zeitpunkt T1, 26,6 mm zum Zeitpunkt T2 und 26,2 mm zum Zeitpunkt T3. Es bestehen keinerlei statistisch signifikante Unterschiede zwischen den drei Messungen.

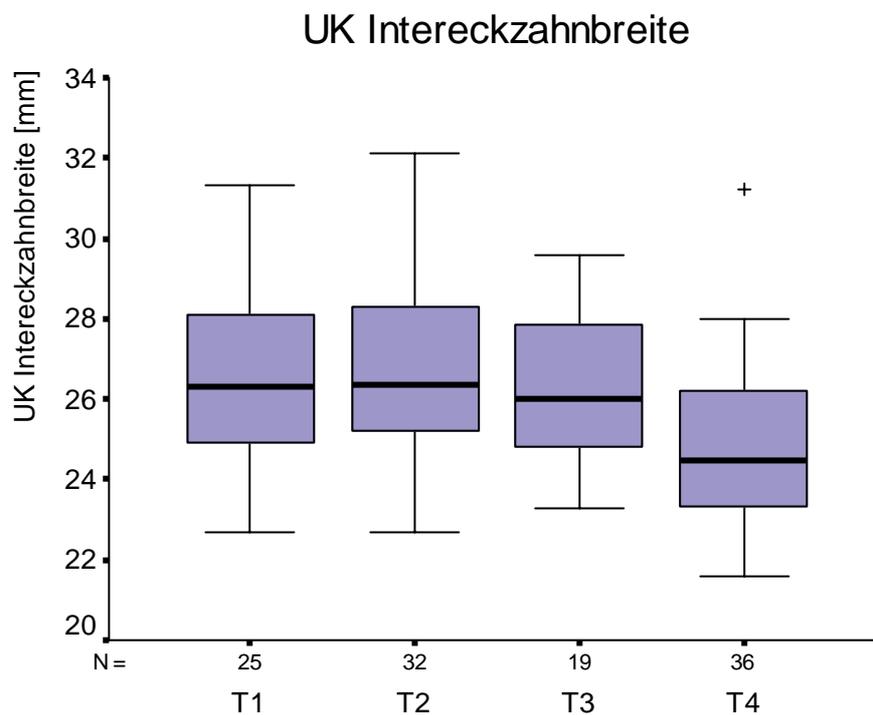
Die statistisch hoch signifikante ( $p < 0,001$ ) Verkleinerung der Interkaninendistanz zum Zeitpunkt T4 entspricht den erwarteten natürlichen Veränderungen im Sinne einer Zahnbogenverschmälerung während eines Intervalls von 20 Jahren.

Tab. 18 Deskriptive Statistik UK Intereckzahnbreite

UK Intereckzahnbreite [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	25	32	19	36
Mittelwert	26,9	26,6	26,2	24,8
Median	26,3	26,4	26,0	24,5
Standardabweichung	2,5	2,1	1,7	2,1
Minimum	22,7	22,7	23,3	21,6
Maximum	31,3	32,1	29,6	31,2

Tab. 19 Wilcoxon Test UK Intereckzahnbreite

UK Intereckzahnbreite	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,363
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	< 0,001



**Abb. 20** Boxplot UK Intereckzahnbreite

### 3.1.3.3 Anteriore Zahnbogenbreite im UK

Ähnlich wie bei der Intereckzahnbreite, waren auch bei der anterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer keine nennenswerten Veränderungen während der Bionator- und anschließenden weiterführenden KFO-Therapie zu verzeichnen. Erst zum Zeitpunkt T4 konnte eine statistisch höchst signifikante ( $p < 0,001$ ) Verschmälerung der anterioren Zahnbogenbreite um durchschnittlich 1,5 mm im Vergleich zum Anfangswert festgestellt werden.

**Tab. 20** Deskriptive Statistik UK Zahnbogenbreite 4-4

UK Zahnbogenbreite 4-4 [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	7	21	13	26
Mittelwert	35,6	35,6	35,8	34,1
Median	36,3	36,1	35,8	34,3

Standardabweichung	3,0	2,5	1,6	2,1
Minimum	31,1	31,1	32,9	30,2
Maximum	38,5	42,0	37,7	37,8

Tab. 21 Wilcoxon Test UK Zahnbogenbreite 4-4

UK Zahnbogenbreite 4-4	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,786
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	< 0,001

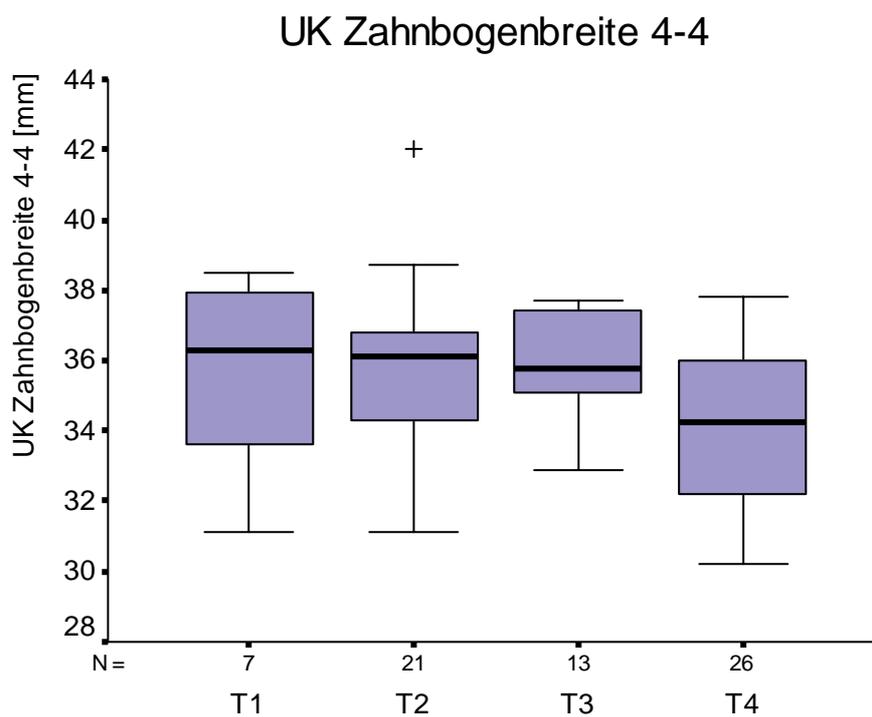


Abb. 21 Boxplot UK Zahnbogenbreite 4-4

### 3.1.3.4 Posteriore Zahnbogenbreite im UK

Die posteriore Zahnbogenbreite im UK wurde während der Behandlung mit dem Bionator minimal verbreitert (von 48,1 mm bei T1 zu 48,4 mm bei T2). Dieser Trend zur Verbreiterung setzte sich zum Zeitpunkt T3 fort (48,7 mm). Der Wert für die posteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer blieb sogar – im Gegensatz zur Verschmälerung der anterioren Zahnbogenbreite im Langzeitintervall – noch bis zum Zeitpunkt T4 relativ stabil (47,7 mm).

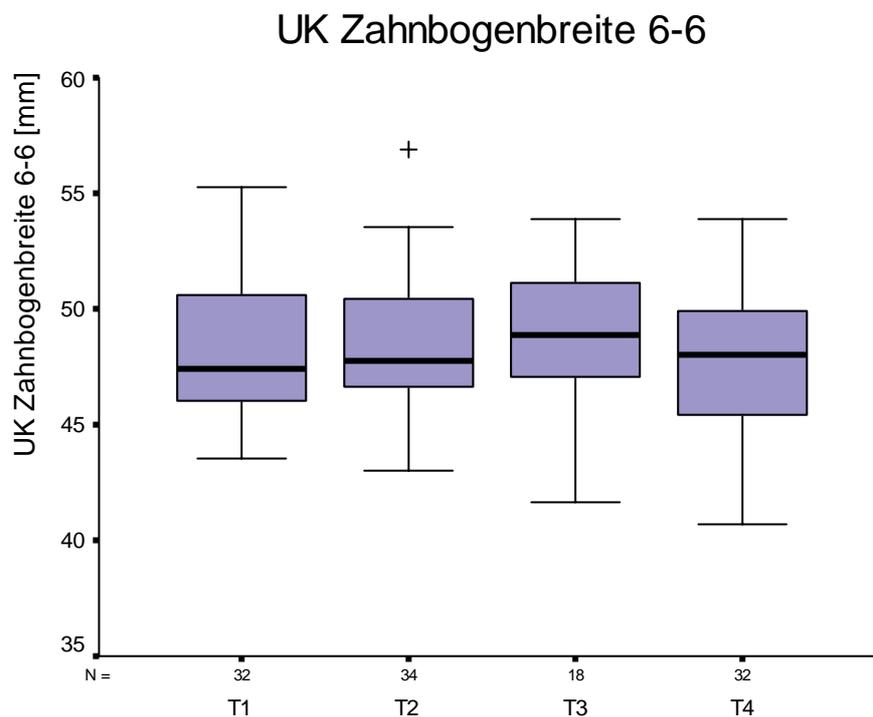
Anhand des Friedman-Tests konnte keine Signifikanz festgestellt werden ( $p = 0,299$ ). Bei der genaueren Differenzierung anhand des Wilcoxon-Tests fällt auf, dass dies vor allem daran liegt, dass im Intervall T1-T2 statistisch gesehen keine Veränderung stattfand. Im Gegensatz dazu ist die Entwicklung im Langzeitintervall auf einem 5%-Niveau signifikant.

Tab. 22 Deskriptive Statistik UK Zahnbogenbreite 6-6

UK Zahnbogenbreite 6-6 [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	32	34	18	32
Mittelwert	48,1	48,4	48,7	47,7
Median	47,5	47,8	48,9	48,1
Standardabweichung	2,8	3,1	3,4	3,4
Minimum	43,5	43,0	41,6	40,7
Maximum	55,3	56,9	53,9	53,9

Tab. 23 Wilcoxon Test UK Zahnbogenbreite 6-6

UK Zahnbogenbreite 6-6	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,579
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,022



**Abb. 22** Boxplot UK Zahnbogenbreite 6-6

### 3.1.4 Oberkiefer Zahnbogenform

#### 3.1.4.1 Zahnbogenlänge im OK ( $L_O$ )

Ähnlich wie im Unterkiefer, veränderte sich auch im Oberkiefer die Zahnbogenlänge während der Bionator-Behandlung nur minimal (leichte Zunahme von 16,4 auf 16,8 mm). Im Langzeitintervall war dann jedoch eine signifikante Verkürzung der Zahnbogenlänge auf 15,7 mm zu verzeichnen ( $p < 0,001$ ).

**Tab. 24** Deskriptive Statistik OK Zahnbogenlänge

OK Zahnbogenlänge [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	15	29	17	29
Mittelwert	16,4	16,8	17,0	15,7

Median	15,8	16,5	17,1	15,5
Standardabweichung	3,0	1,8	3,0	1,9
Minimum	13,5	14,1	12,1	11,6
Maximum	26,1	22,2	24,6	19,3

Tab. 25 Wilcoxon Test OK Zahnbogenlänge

OK Zahnbogenlänge	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,666
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	< 0,001

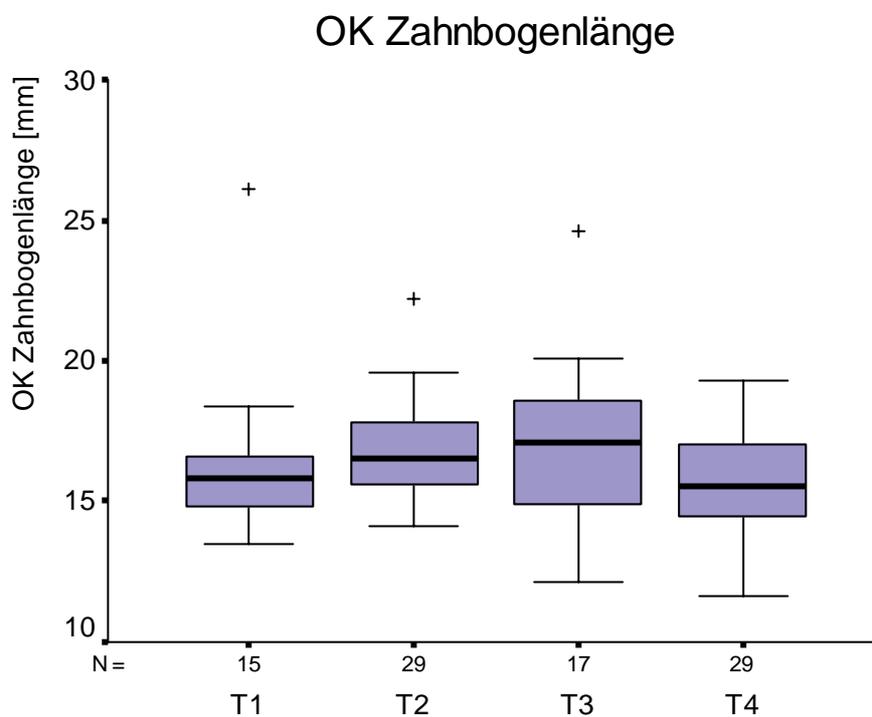


Abb. 23 Boxplot OK Zahnbogenlänge

## 3.1.4.2 Anteriore Zahnbogenbreite im OK

Anhand des Friedman-Verfahrens konnte festgestellt werden, dass die Entwicklung der anterioren Zahnbogenbreite über die Zeitpunkte T1, T2 und T4 hinweg statistisch gesehen nicht signifikant ist ( $p = 0,157$ ). Erwartungsgemäß waren auch mit dem Wilcoxon-Test keine Signifikanzen feststellbar. Bei näherer Betrachtung fällt allerdings auf: Die anteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer wurde während der Behandlung mit dem Bionator (Intervall T1-T2) größer, obschon diese Entwicklung statistisch gesehen nicht signifikant ( $p > 0,05$ ) war. Auch während der weiterführenden kieferorthopädischen Behandlung nahm diese anteriore Verbreiterung des Oberkiefer-Zahnbogens – wenn auch geringfügig – weiter zu. Die erreichte transversale Dimension blieb fast vollständig im Langzeitintervall erhalten. So verschmälerte sich der Oberkieferzahnbogen zum Zeitpunkt T4 kaum, blieb aber deutlich über dem Wert bei Behandlungsbeginn.

Tab. 26 Deskriptive Statistik OK Zahnbogenbreite 4-4

OK Zahnbogenbreite 4-4 [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	24	29	16	30
Mittelwert	34,9	36,3	37,0	35,7
Median	35,2	36,1	37,6	36,4
Standardabweichung	2,5	3,1	2,9	2,9
Minimum	31,5	29,9	28,2	28,0
Maximum	40,4	41,6	41,0	40,9

Tab. 27 Wilcoxon Test OK Zahnbogenbreite 4-4

OK Zahnbogenbreite 4-4	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,164
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,210

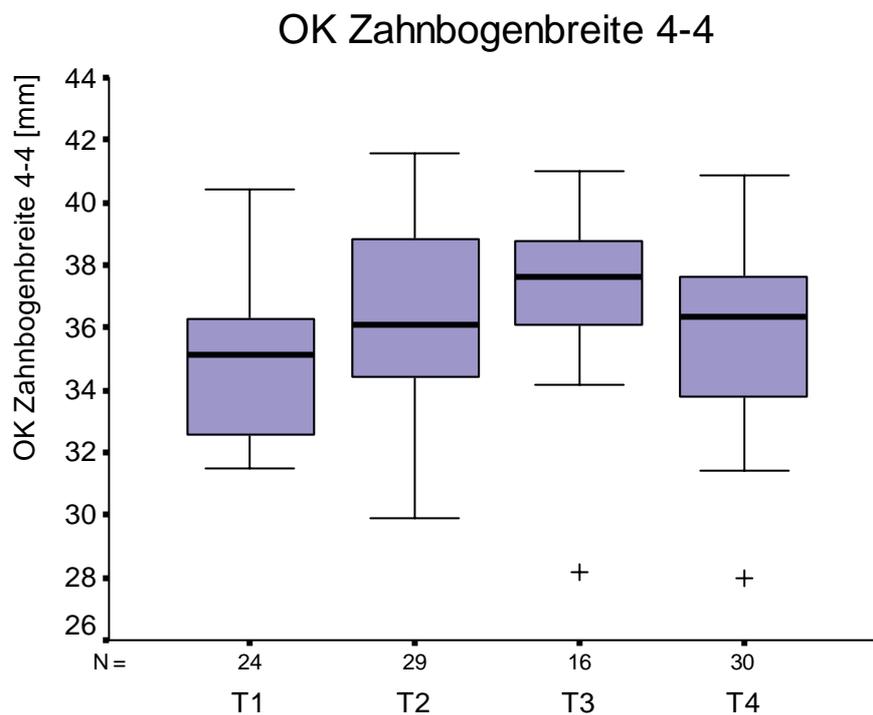


Abb. 24 Boxplot OK Zahnbogenbreite 4-4

### 3.1.4.3 Posteriore Zahnbogenbreite im OK

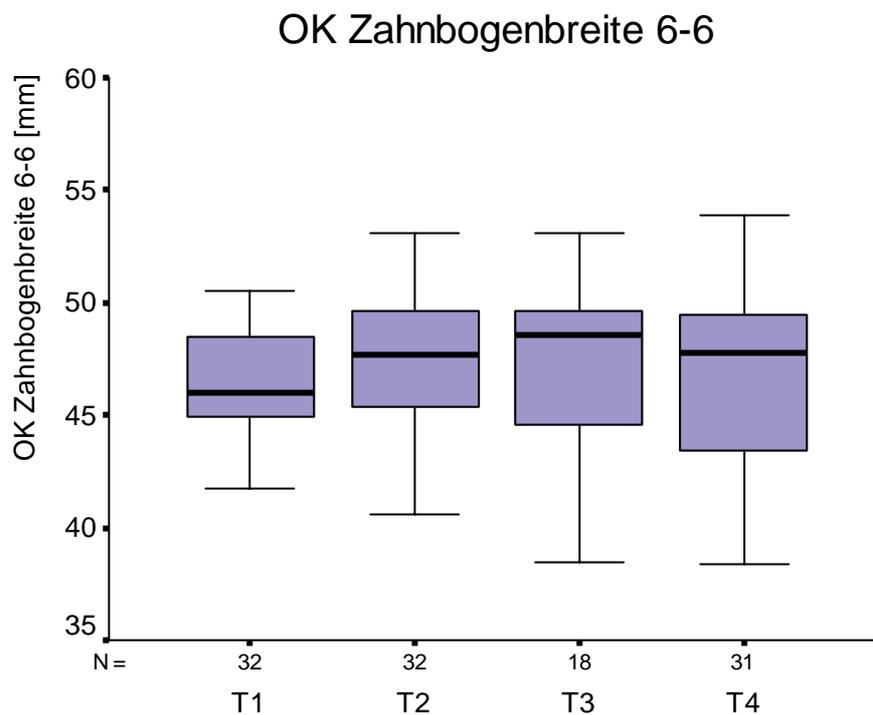
Die Untersuchungsergebnisse zum Parameter posteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer sind äquivalent zu denen der anterioren OK-Breite: Auch hier ergab der Friedman-Test – wenn auch knapp - keine Signifikanz ( $p = 0,093$ ). Mit Hilfe des Wilcoxon-Tests konnte gezeigt werden: Die während der Bionator-Behandlung (T1-T2) zu verzeichnende Zunahme der Zahnbogenbreite von 46,5 mm auf 47,5 mm im Mittel war statistisch signifikant. Im Langzeitintervall (T1-T4) konnte keine Signifikanz festgestellt werden, d. h. die moderate Verbreiterung der posterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer während der Behandlung blieb auch über 20 Jahre hinweg stabil.

Tab. 28 Deskriptive Statistik OK Zahnbogenbreite 6-6

OK Zahnbogenbreite 6-6 [mm]	T1	T2	T3	T4
Gültige Messungen	33	32	18	31
Mittelwert	46,5	47,5	47,3	46,8
Median	46,0	47,7	48,6	47,8
Standardabweichung	2,5	3,0	4,1	4,0
Minimum	41,7	40,6	38,5	38,4
Maximum	50,5	53,1	53,1	53,9

Tab. 29 Wilcoxon Test OK Zahnbogenbreite 6-6

OK Zahnbogenbreite 6-6	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	0,014
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,073



**Abb. 25** Boxplot OK Zahnbogenbreite 6-6

## 3.2 PAR Index

### 3.2.1 PAR Index Werte zu allen Untersuchungszeitpunkten

Die PAR Index Messungen der vorliegenden Untersuchung belegen eindrucksvoll, dass die erzielten Behandlungsergebnisse mit dem Bionator zum einen anhand des Index deutlich nachweisbar sind und zum anderen auch im Langzeitintervall stabil bleiben.

Zu Beginn der Bionator-Behandlung (Zeitpunkt T1) betrug der durchschnittliche PAR Index Wert 23,3 Punkte. Dieser Wert wurde durch den Bionator statistisch gesehen höchst signifikant ( $p < 0,001$ ) bis zum Zeitpunkt T2 auf nur noch 12,8 Punkte im Schnitt verringert. Während der weiterführenden kieferorthopädischen Therapie sank der PAR Index abermals (wenn auch nicht mehr so deutlich) auf 11,2 Punkte ab.

Im 20-Jahres-Nachuntersuchungsintervall kam es erwartungsgemäß zu einem auch anhand des PAR Index zu ermittelnden Teilrezidiv des erzielten Therapieergebnisses. So stieg der PAR Index zum Zeitpunkt T4 auf 13,4 Punkte im Schnitt. Allerdings ist diese Entwicklung statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ).

**Tab. 30** Deskriptive Statistik PAR Index

PAR Index	T1	T2	T3	T4
Patientenzahl	36	36	19	36
Mittelwert	23,3	12,8	11,2	13,4
Median	24,0	9,5	9,0	12,0
Standardabweichung	11,0	9,7	10,6	10,4
Minimum	0	2	2	0
Maximum	43	43	41	46

**Tab. 31** Wilcoxon Test PAR Index

PAR Index	
Wilcoxon-Test	p-Wert
Bionator-Behandlung (T1-T2)	< 0,001
Nachuntersuchungsintervall (T2-T4)	0,598

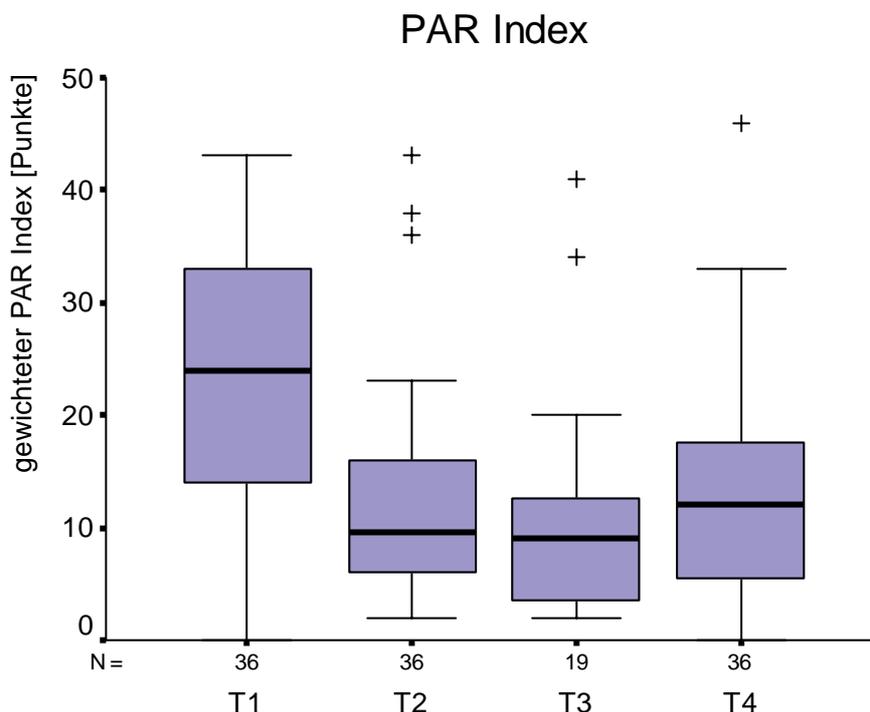


Abb. 26 Boxplot PAR Index

Beobachtet man die Entwicklung des gewichteten PAR Index bei den einzelnen Patienten zu den Zeitpunkten T1, T2 und T4, so ist festzustellen, dass während der Bionator-Behandlung (T1-T2) bei insgesamt 29 Patienten der PAR Index reduziert werden konnte. Bei weiteren 4 Patienten veränderte sich der PAR Index nicht und bei 3 Patienten war der Index zum Zeitpunkt T2 größer als noch zum Zeitpunkt T1 (Tab. 32).

Tab. 32 PAR Index Entwicklung T1-T2

Bionator-Behandlung (T1-T2)	
PAR Index Entwicklung	Patientenzahl
Verringerung	29
Keine Veränderung	4
Vergrößerung	3

Diese Verhältnisse verändern sich im Langzeitintervall (T1-T4) nur wenig. So wiesen 28 Patienten zum Zeitpunkt T4 einen geringeren PAR Index auf als am Anfang, bei 2 Patienten blieb der Index unverändert und bei 6 Patienten war eine Vergrößerung des PAR Index zu verzeichnen (Tab. 33).

Tab. 33 PAR Index Entwicklung T1-T4

Langzeitintervall (T1-T4)	
PAR Index Entwicklung	Patientenzahl
Verringerung	28
Keine Veränderung	2
Vergrößerung	6

OTUYEMI und JONES (1995) (103) empfehlen zur Verdeutlichung der Entwicklung von PAR Index Werten im Laufe einer Langzeitstudie die Darstellung in Histogrammen.

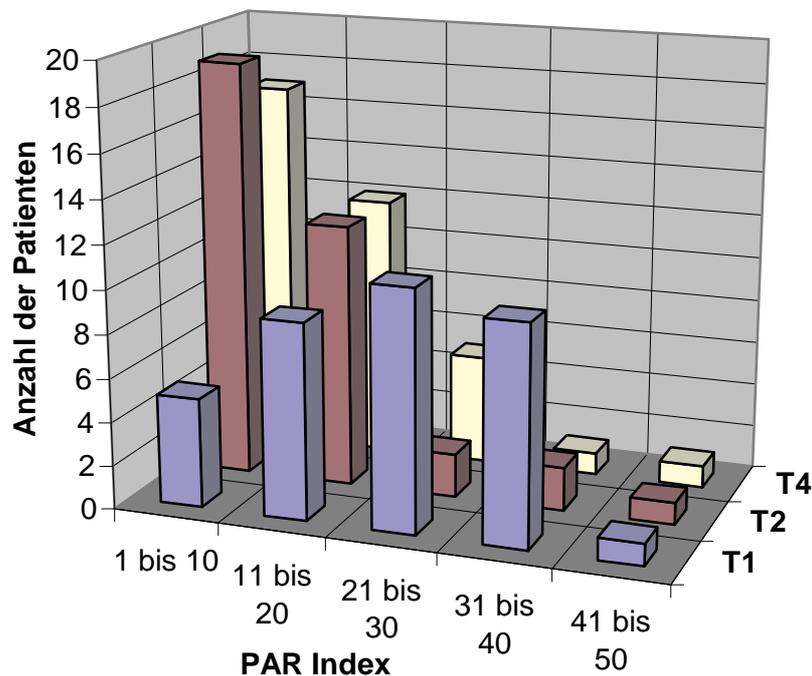
Anhand des folgenden Histogramms (Abb. 27) lässt sich erkennen, dass zum Zeitpunkt T1 (blaue Säulen) die Werte für den PAR Index nahezu normal verteilt waren. Das heißt, zu Beginn der Bionator-Behandlung wiesen nur wenige Patienten einen besonders niedrigen (1-10 Punkte) bzw. einen besonders hohen (41-50 Punkte) PAR Index Wert auf. Die meisten Patienten hatten zum Zeitpunkt T1 mittelmäßig hohe PAR Index Werte (9 Patienten zwischen 11 und 20 Punkten, 10 Patienten zwischen 21 und 30 Punkten und 11 Patienten zwischen 31 und 40 Punkten).

Zum Zeitpunkt T2 (bordeaux-farbene Säulen) ändert sich dies entscheidend: Auf den ersten Blick erkennt man, dass die beiden höchsten bordeaux-farbenen Säulen nun am linken Rand und nicht mehr in der Mitte zu finden sind. Das bedeutet, dass die meisten Patienten nun einen niedrigen PAR Index Wert aufwiesen. So betrug der PAR Index zum Zeitpunkt T2 bei 19 Patienten zwischen 1 und 10 Punkten und bei

weiteren 12 Patienten zwischen 11 und 20 Punkten. Lediglich insgesamt 5 Patienten wiesen bei Ende der Bionator-Behandlung zum Zeitpunkt T2 21 bis 30 PAR Index Punkte auf, bei 2 Patienten betrug der PAR Index Wert gar 31 bis 40 Punkte, und nur ein einziger Patient fiel unter die Kategorie 41 bis 50 PAR Index Punkte.

Dieser deutliche Therapieerfolg des Bionators blieb auch im Langzeitintervall (creme-farbene Säulen) weitgehend stabil. So wiesen zum Zeitpunkt T4 noch 17 Patienten PAR Index Werte zwischen 1 und 10 Punkten und 12 Patienten zwischen 11 und 20 Punkten auf. Bei 5 Patienten betrug der PAR Index 21 bis 30 Patienten und nur jeweils ein Patient konnte den Kategorien 31 bis 40 bzw. 41 bis 50 Punkte zugeordnet werden.

### Histogramm PAR Index



	1 bis 10	11 bis 20	21 bis 30	31 bis 40	41 bis 50
■ T1	5	9	11	10	1
■ T2	19	12	2	2	1
■ T4	17	12	5	1	1

Abb. 27 Histogramm PAR Index T1, T2 und T4

Die nun folgenden vier Tortendiagramme sollen verdeutlichen, wie sich die prozentuale Verteilung der Patienten in Bezug auf die PAR Index Werte zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten (inklusive Zeitpunkt T3) darstellt. Dabei sind – wie in obigem Histogramm – die PAR Index Werte zu Zehner-Gruppen zusammengefasst. Um die Interpretation der vier Diagramme zu erleichtern, wurde den einzelnen PAR Index Gruppen durchweg die gleichen Farben zugeteilt.

1 – 10 PAR Punkte:	creme-farben
11-20 PAR Punkte:	hellgrün
21-30 PAR Punkte:	hellblau
31-40 PAR Punkte:	pink
41-50 PAR Punkte:	bordeaux-farben

Darüber hinaus sind die PAR Punkte von links nach rechts im Uhrzeigersinn ansteigend angeordnet.

Zum Zeitpunkt T1 wiesen 14% der Patienten 1 bis 10 PAR Punkte auf. Den größten Anteil machten die mittleren PAR Index Werte aus, mit 25 % 11 bis 20 Punkten und 30% 21 bis 30 Punkten. Ganze 28% der Patienten hatten 31 bis 40 Punkte, während der Anteil von Patienten mit PAR Index Werten zwischen 41 und 50 Punkten mit 3% relativ gering war (Abb. 28).

### PAR Index Verteilung T1

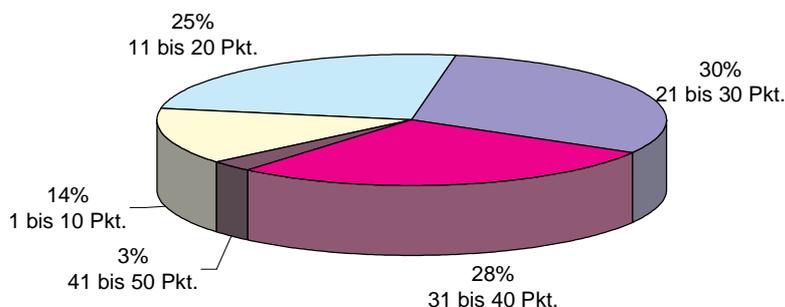


Abb. 28 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T1

Zum Zeitpunkt T2 (nach der Bionator-Behandlung) hatten sich die Verhältnisse im Vergleich zum Anfangsbefund deutlich verändert: Insgesamt 85% der Patienten wiesen einen PAR Index Wert von maximal 20 Punkten auf (creme-farbener und hellgrüner Sektor). Von den verbleibenden 15% betrug der PAR Index bei lediglich 3% der Patienten mehr als 40 Punkte (Abb. 29).

### PAR Index Verteilung T2

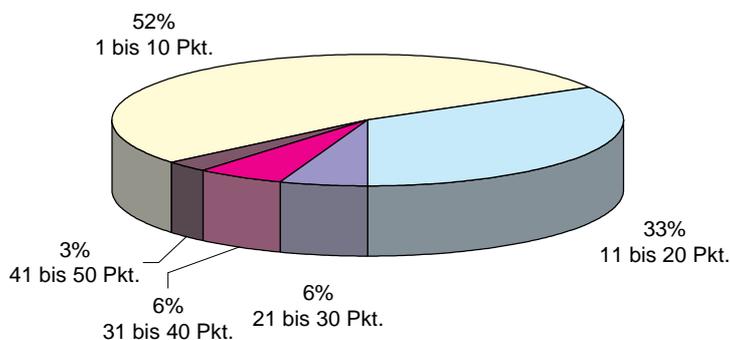
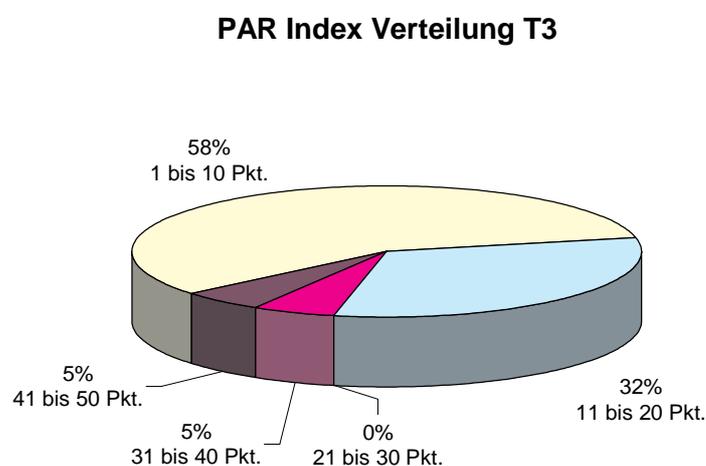


Abb. 29 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T2

Ein ähnliches Bild zeigt sich auch zum Zeitpunkt T3 (Abb. 30). Nach Beendigung der gesamten kieferorthopädischen Therapie konnte sogar bei 90% der Patienten ein PAR Index Wert von maximal 20 Punkten verzeichnet werden (creme-farbener und hellgrüner Sektor). Allerdings darf bei der Beurteilung dieser Ergebnisse nicht vernachlässigt werden, dass die Gruppe der zum Zeitpunkt T3 untersuchten Patienten lediglich 19 der insgesamt 36 im Rahmen der vorliegenden Studie untersuchten Patienten umfasste.



**Abb. 30** Tortendiagramm PAR Index Verteilung T3

Zum Zeitpunkt T4 gehörten immer noch insgesamt 80% der untersuchten Patienten zur Gruppe derer mit maximal 20 PAR Index Punkten (creme-farbener und hellgrüner Sektor). 20 Jahre nach Beendigung der Bionator-Behandlung ist lediglich der Anteil der Patienten angestiegen, die zwischen 21 und 30 PAR Index Punkten (pinkfarbener Sektor) aufwiesen. Der Anteil der Patienten mit 31 bis 40 bzw. 41 bis 50 PAR Index Punkten bleibt mit jeweils 3% auch im Langzeitintervall auf niedrigem Niveau (Abb. 31).

Dies spricht insgesamt für die Stabilität des Behandlungserfolges mit dem Bionator im 20-Jahres-Nachuntersuchungsintervall.

### PAR Index Verteilung T4

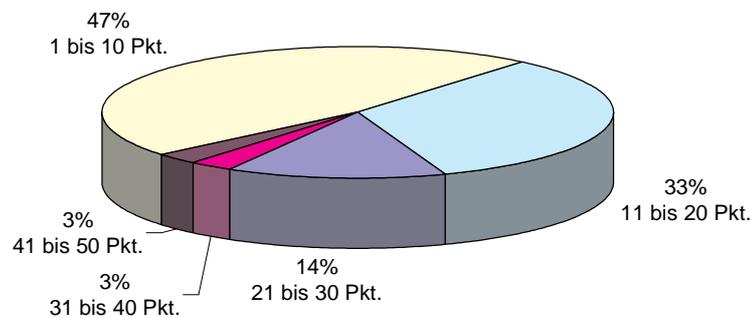
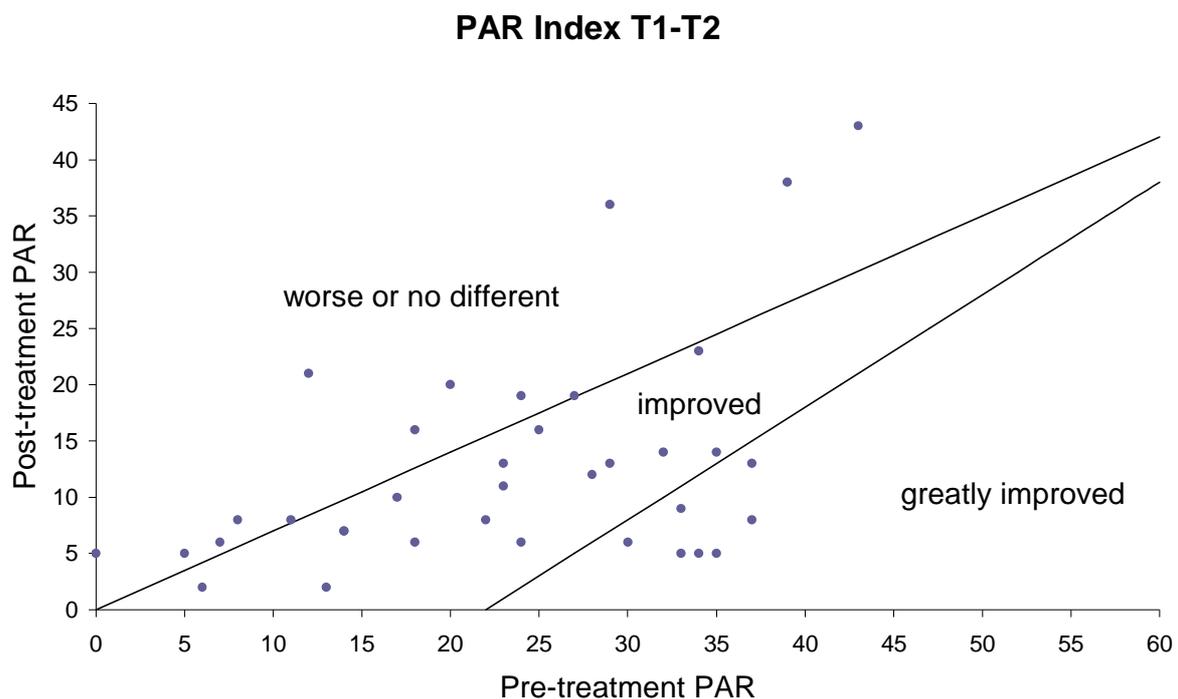


Abb. 31 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T4

### 3.2.2 PAR Index Entwicklung während der Bionator-Behandlung (T1-T2)

RICHMOND empfiehlt durchweg (116), den Erfolg bzw. Misserfolg von Behandlungsergebnissen anhand von PAR Index Nomogrammen zu kategorisieren. Diese Nomogramme erlauben es, einen spontanen Eindruck von den erzielten Behandlungserfolgen zu erlangen.

In Abb. 32 ist das Nomogramm für den Zeitraum T1-T2 (Bionator-Behandlung) dargestellt:



**Abb. 32** Nomogramm PAR Index T1-T2 (Bionator-Behandlung)

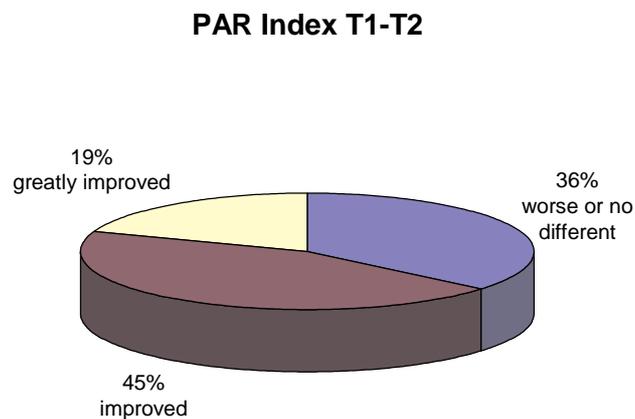
Demnach konnten in Bezug auf den Behandlungserfolg mit dem Bionator 16 Patienten der Kategorie „improved“, 7 Patienten der Kategorie „greatly improved“ und 13 Patienten der Kategorie „worse or no different“ zugeordnet werden (Tab. 34).

**Tab. 34** Behandlungserfolg T1-T2 (ermittelt anhand des PAR Index)

Behandlungserfolg T1-T2 (ermittelt anhand des PAR Index)	Anzahl der Patienten
Improved	16
Greatly improved	7
Worse or no different	13

Dies entspricht folgender prozentualer Verteilung der drei Abstufungen des Behandlungserfolges: Bei 45% der Patienten konnte der Therapieerfolg mit dem Bionator als „improved“ kategorisiert werden, bei 19% der Patienten war der

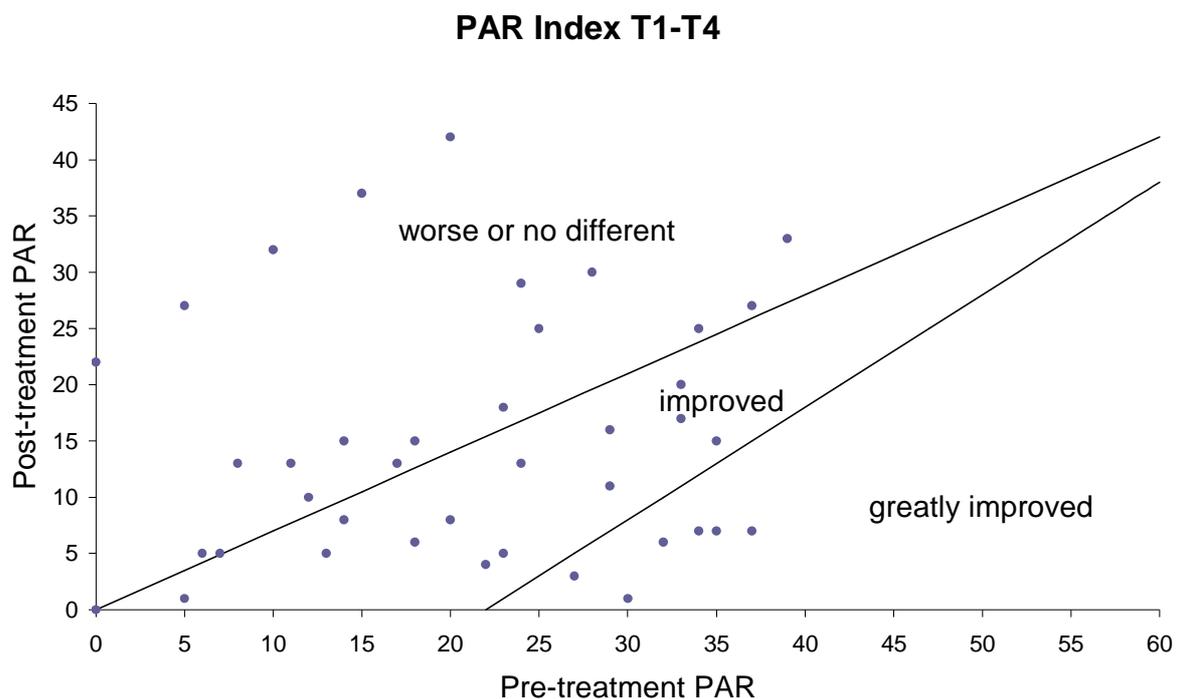
Behandlungserfolg sogar „greatly improved“ und 36% der Patienten mussten direkt nach der Behandlung mit dem Bionator in die Kategorie „worse or no different“ zugeordnet werden (Abb. 33).



**Abb. 33** Tortendiagramm PAR Index Entwicklung T1-T2

### 3.2.3 PAR Index Entwicklung im gesamten Beobachtungszeitraum (T1-T4)

Das Nomogramm für den Zeitraum T1-T4 (gesamter Untersuchungszeitraum) stellt sich auf den ersten Blick ähnlich dar wie jenes für den Zeitraum der Bionator-Behandlung.



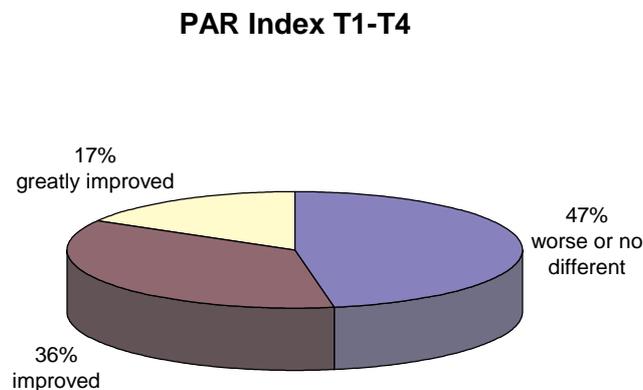
**Abb. 34** Nomogramm PAR Index T1–T4 (Langzeitintervall)

Tatsächlich sind die Zuordnungen der insgesamt 36 Patienten zu den drei unterschiedlichen Behandlungserfolgen selbst nach 20 Jahren vergleichbar mit dem Ergebnis direkt nach der Bionator-Therapie: Insgesamt 19 der Patienten wiesen einen langfristigen Therapieerfolg von „improved“ bzw. „greatly improved“ auf, bei 17 Patienten war die PAR Index Reduktion vom Zeitpunkt T1 bis T4 geringer als 30% des Anfangswertes.

**Tab. 35** Behandlungserfolg T1-T4 (ermittelt anhand des PAR Index)

Behandlungserfolg T1-T4 (ermittelt anhand des PAR Index)	Anzahl der Patienten
Improved	13
Greatly improved	6
Worse or no different	17

Dies entspricht folgender prozentualer Verteilung: 36% „improved“, 17% „greatly improved“ und 47% „worse or no different“ (Abb. 35).



**Abb. 35** Tortendiagramm PAR Index Entwicklung T1-T4

### 3.2.4 PAR Index Ergebnisse zur Langzeitstabilität des Behandlungserfolges

Bezogen auf die uns an dieser Stelle interessierenden Zeitintervalle T1-T2 (Bionator-Behandlung) und T1-T4 (Langzeitintervall) lässt sich feststellen: Während der Behandlung mit dem Bionator (T1-T2) konnte eine PAR Index Reduktion von 10,6 Punkten im Mittelwert nachgewiesen werden. Dies entspricht einer prozentualen Reduktion des anfänglichen PAR Index Wertes um 40,2%. Im Vergleich dazu betrug die PAR Index Reduktion während des gesamten Beobachtungszeitraums von über 20 Jahren (T1-T4) 9,9 Punkte bzw. 37,4% im Mittel.

Das bedeutet, dass verglichen mit der Beurteilung des erzielten Behandlungserfolges direkt nach Absetzen des Bionators, im Langzeitintervall lediglich 0,7 Punkte bzw. 2,8% der ursprünglich erzielten PAR Index Verbesserung mit Hilfe des Bionators verloren gingen.

**Tab. 36** PAR Index Reduktion in Punkten und Prozent

PAR Index Reduktion (Mittelwerte)	Reduktion [Punkte]	Reduktion [%]
T1-T2 Bionator-Behandlung	10,6	40,2
T1-T4 gesamter Untersuchungszeitraum	9,9	37,4

## 4 DISKUSSION

Bei der Frage nach der Ätiologie der in der vorliegenden Langzeituntersuchung festgestellten Veränderungen muss nun differenziert werden, was von den beschriebenen Veränderungen Teil natürlicher Veränderungs- und Wachstumsvorgänge, und was davon auf die Wirkung des funktionskieferorthopädischen Gerätes Bionator zurückzuführen ist. Um die beschriebenen Langzeitergebnisse der vorliegenden Untersuchung beurteilen zu können, müssen die festgestellten Veränderungen zu den in der Literatur beschriebenen natürlichen Veränderungen im Erwachsenenalter in Relation gesetzt werden. Diese Untersuchungen wurden vorwiegend anhand von Longitudinalstudien an unbehandelten Vergleichsgruppen durchgeführt.

### 4.1 Overjet

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass der Bionator die sagittale Frontzahnstufe (Overjet) signifikant verringerte (um durchschnittlich 2 mm). Dieser Therapieerfolg blieb auch im Langzeitintervall relativ stabil und rezidierte nur leicht. Da zahlreiche Studien zur natürlichen Entwicklung des stomatognathen Systems belegen, dass die sagittale Frontzahnstufe sich ohne jegliche therapeutische Einflüsse lediglich minimal verändert (SINCLAIR, LITTLE (1983, 1985) (138, 139), DEKOCK (1972) (41), CARTER, MCNAMARA (1998) (37)) kann die in dieser Studie im beobachteten Zeitraum von 20 Jahren festgestellte Stabilität des Overjet als langfristiger Effekt der erfolgreichen Bionator-Behandlung gewertet werden.

ELMS et al. (1996) (48) stellen in ihrer Langzeituntersuchung (6,5 Jahre Nachuntersuchungsintervall im Schnitt) von 42 Klasse II/1 Patienten, die mit festsitzenden Apparaturen und Headgear behandelt worden sind, eine Zunahme des

Overjet von 0,5 mm fest. DEMISCH (1980) (42) verzeichnet bei 15 von 24 untersuchten Patienten, die mit dem Berner Aktivator behandelt worden waren, ebenfalls eine post-therapeutische Zunahme des Overjet (Untersuchungsintervall: 5 – 7 Jahre).

FIDLER et al. (1995) (53) hingegen konstatieren innerhalb eines Beobachtungszeitraumes von 14 Jahren, dass sich bei 78 behandelten Klasse II/1 Fällen der Overjet um 0,5 mm minimal verringert. Allerdings wurden die Patienten dieser Studie nicht mit funktionskieferorthopädischen Geräten behandelt.

## 4.2 Overbite

Wie bereits beschrieben, konnte die vertikale Frontzahnstufe (Overbite) mit Hilfe der Bionator-Behandlung verringert werden. Dieser Therapieerfolg rezidierte allerdings im Langzeitintervall um durchschnittlich 0,6 mm und damit fast vollständig.

In ihrer Longitudinalstudie zur natürlichen postpubertalen Entwicklung im stomatognathen System stellen SINCLAIR und LITTLE (1983, 1985) (138, 139) bei 65 unbehandelten Probanden eine anteriore Rotation der Mandibula fest. Daraus resultiert eine deutliche Zunahme des Engstands in der Unterkiefer Front sowie eine – wenn auch moderate – Zunahme des Overbites.

ELMS et al. (1996) (48) verzeichnen in ihrer Langzeitstudie ebenfalls eine Zunahme des Overbite um 0,4 mm bei 42 Klasse II/1 Patienten im Beobachtungszeitraum von 6,5 Jahren. Auch LITTLE et al. (1981) (93) weisen in ihrer Untersuchung von 65 Patienten verschiedenster Malokklusionen in einem Beobachtungszeitraum von mind. 10 Jahren nach Retention eine Zunahme des Overbite um sogar 0,76 mm nach.

Lediglich FIDLER et al. (1995) (53) können in ihrer Studie eine leichte Abnahme des Overbite um 0,5 mm im Nachuntersuchungszeitraum feststellen. Allerdings war dies

die einzige Langzeituntersuchung in der Literatur, die den Trend zur Bissvertiefung nach abgeschlossener KFO-Behandlung nicht bestätigt.

SIMONS und JOONDEPH (1973) (137) fanden im Zuge ihrer Nachuntersuchung von 70 Patienten heraus, dass zwischen der Größe des Overbite beim Anfangsbefund und der Größe des Overbite beim Post-Retentionsbefund eine positive Korrelation besteht. Das heißt, je größer der Overbite bei Therapiebeginn war, desto ausgeprägter rezidierte dieser Parameter auch. Demzufolge verwundert es nicht, dass in der vorliegenden Untersuchung ein Rezidiv der erzielten Overbite-Verringerung bis fast zum Ausgangswert zu beobachten war (Overbite T1 = 3,5 mm, Overbite T4 = 3,4 mm).

### **4.3 Unterkiefer Zahnbogenform**

#### **4.3.1 Zahnbogenlänge im UK ( $L_U$ )**

In der vorliegenden Untersuchung konnte kein therapeutischer Einfluss des Bionators auf die Unterkiefer Zahnbogenlänge festgestellt werden, auch wenn eine statistisch nicht signifikante Verkürzung von 0,4 mm zwischen T1 und T2 zu verzeichnen war. Dieser Trend setzte sich im weiteren Verlauf fort, allerdings verkürzte sich der Zahnbogen im Langzeitintervall (T1-T4) deutlich und weit unter seinen Ausgangswert hinaus.

In Bezug auf die festgestellte Zahnbogenverkürzung zum Zeitpunkt T4 ist zu sagen, dass dieser Befund dem entspricht, was die meisten Autoren als einen natürlichen Reifungsprozess im Unterkiefer während der Adoleszenten- und frühen Erwachsenenphase beschreiben (SINCLAIR, LITTLE (1983, 1985) (138, 139), BISHARA et al. (1989, 1994, 1997a, 1997b) (22, 23, 24, 25), DEKOCK (1972) (41), CARTER, MCNAMARA (1998) (37)).

Demnach scheint keine kausale Verbindung zu bestehen zwischen der in dieser Langzeituntersuchung festgestellten Verkürzung der Unterkiefer Zahnbogenlänge im Nachuntersuchungsintervall T2-T4 und der Bionator-Behandlung, sondern es handelt sich dabei lediglich um einen natürlichen postpubertalen Reifungsprozess im stomatognathen System, der unabhängig von einer unter Umständen erfolgten KFO-Therapie stattfindet.

#### 4.3.2 Intereckzahnbreite im UK

Schon MOORREES (98) stellte 1959 fest, dass das Unterkiefer Transversalwachstum strengen Richtlinien folgt. Nimmt man nach dem Durchbruch der unteren Eckzähne therapeutischen Einfluss auf die untere Transversale im Sinne einer Verbreiterung, so ist dieses Bemühen von vorneherein zum Scheitern verurteilt.

In der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Intereckzahnbreite im Unterkiefer vom Bionator unbeeinflusst bleibt, so dass die festgestellte zunächst geringe und statistisch nicht signifikante Verkleinerung der Interkaninendistanz bis zum Zeitpunkt T3 (von 26,9 mm zum Zeitpunkt T1 bis 26,2 mm zum Zeitpunkt T3) und später die deutliche Verschmälerung im Nachuntersuchungsintervall (24,8 mm zum Zeitpunkt T4) als natürliche Veränderungsprozesse zu werten sind und nicht auf die Bionator-Behandlung zurückgeführt werden können.

Zahlreiche Untersuchungen an unbehandelten Probanden bestätigen den Trend zur Verschmälerung des Unterkiefer-Zahnbogens im Erwachsenenalter vor allem im anterioren Bereich (37), (41), (138), (139). Allerdings konnten BISHARA et al. in ihren Studien lediglich geringe Veränderungen der Interkaninendistanz feststellen (22, 23, 24, 25).

### 4.3.3 Anteriore Zahnbogenbreite im UK

Analog zu den Ergebnissen bei der Unterkiefer Intereckzahnbreite, veränderte sich die anteriore Zahnbogenbreite im UK während der Bionator-Behandlung (T1-T2) überhaupt nicht, sondern blieb stabil (35,6 mm). Allerdings war im Nachuntersuchungsintervall (T2-T4) eine deutliche und statistisch relevante Verschmälerung zu beobachten (anteriore UK Zahnbogenbreite T4 = 34,1 mm). Diese Befunde decken sich mit den Angaben in der Literatur, die bereits im Zusammenhang mit der Intereckzahnbreite diskutiert worden sind.

Aufgrund der Tatsache, dass bei der Messung der anterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer die Branchen der Schieblehre an den Kontaktpunkten zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren angelegt werden müssen, konnten bei insgesamt 36 Patienten lediglich 24 gültige Messungen zum Zeitpunkt T1, 29 gültige Messungen zum Zeitpunkt T2 und 30 gültige Messungen zum Zeitpunkt T4 ermittelt werden. Dies ist damit zu erklären, dass einerseits bei einem Teil der Patienten aufgrund der Dentitionsphase zu den Zeitpunkten T1 und T2 noch nicht beide Prämolaren in situ waren, und dass andererseits bei 8 Patienten im Rahmen der kieferorthopädischen Therapie jeweils vier Prämolaren extrahiert worden sind. Diese begrenzte Anzahl an gültigen Messungen schränkt die Aussagekraft der ermittelten Ergebnisse in Bezug auf die anteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer stark ein.

### 4.3.4 Posteriore Zahnbogenbreite im UK

In der vorliegenden Untersuchung konnte nachgewiesen werden, dass der Bionator keinen therapeutischen Einfluss auf die posteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer ausgeübt hat (UK posteriore Zahnbogenbreite T1 = 48,1 mm, T2 = 48,4 mm). Es fand lediglich eine – wenn auch nur schwach ausgeprägte – Verschmälerung im Nachuntersuchungsintervall (UK posteriore Zahnbogenbreite T4 = 47,7 mm) statt.

Die Angaben in der Literatur über natürliche postpubertale Veränderungen der posterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer sind widersprüchlich. So verzeichnen SINCLAIR und LITTLE (1983, 1985) (138, 139), eine moderate Verschmälerung des unteren Zahnbogens auch im posterioren Bereich, BISHARA et al. (22, 23, 24, 25) sprechen von annähernd gleich bleibenden transversalen Dimensionen, während DEKOCK (1972), (41), und CARTER, MCNAMARA (1998) (37) eine natürliche Zunahme der posterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer beobachten. Diese Befunde sind allerdings durchweg so klein dimensioniert, dass man insgesamt davon ausgehen kann, dass – sofern überhaupt eine spontane Veränderung der posterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer im Erwachsenenalter festzustellen ist – diese stets sehr moderat ausfällt, unabhängig davon, ob es sich um eine Verengung oder Verbreiterung handelt.

Diese Tatsache konnte im Zuge der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden.

## **4.4 Oberkiefer Zahnbogenform**

### **4.4.1 Zahnbogenlänge im OK ( $L_O$ )**

Weder während der Bionator-Behandlung noch während der weiterführenden KFO-Therapie konnte eine nennenswerte Veränderung der Oberkiefer Zahnbogenlänge festgestellt werden, auch wenn ein moderater Trend zur Verlängerung zu verzeichnen war (OK Zahnbogenlänge T1 = 16,4 mm, T2 = 16,8 mm, T3 = 17,0 mm). Allerdings war die Verkürzung auf 15,7 mm im Schnitt zum Zeitpunkt T4 statistisch signifikant.

Die minimale und statistisch nicht signifikante Vergrößerung der OK Zahnbogenlänge im Intervall T1-T2 ist wegen ihres geringen Ausmaßes und wegen der kleinen Zahl an gültigen Messungen zu vernachlässigen. Ähnlich wie bei der Messung im Unterkiefer, konnte auch im Oberkiefer bei vielen Patienten die Messung der

Zahnbogenlänge nicht erfolgen, weil die Prämolaren zum Zeitpunkt T1 noch nicht durchgebrochen waren. Die deutliche Verkürzung des Oberkiefer Zahnbogens im Nachuntersuchungsintervall entspricht den bereits im Zusammenhang mit der Diskussion des Parameters Unterkiefer Zahnbogenlänge zitierten Langzeituntersuchungen an unbehandelten Probanden aus der Literatur (22, 23, 24, 25, 37, 41, 138, 139),

#### 4.4.2 Anteriore Zahnbogenbreite im OK

In der vorliegenden Untersuchung verbreiterte sich die anteriore Zahnbogenbreite im OK bis zum Zeitpunkt T3 kontinuierlich, wenn auch nur geringfügig (OK anteriore Zahnbogenbreite T1 = 34,9 mm, T2 = 36,3 mm, T3 = 37,0 mm). Im 20-Jahr-Nachuntersuchungsintervall fand eine moderate Verschmälerung statt. Dieser Wert ist jedoch nicht signifikant.

Der Verbreiterung des Oberkiefer Zahnbogens ist bei der Therapie mit funktionskieferorthopädischen Geräten ein erwünschter Effekt. Gemäß dem Pantoffelvergleich von KÖRBITZ (112) spricht man davon, dass mit Hilfe von funktionskieferorthopädischen Geräten ein zu schmaler Oberkiefer verbreitert wird, und so der Unterkiefer dann wie ein „Fuß“ in den nunmehr passenden „Pantoffel“ gleiten kann, wodurch aus dem Distalbiss ein Neutralbiss wird.

Diese Verbreiterung des Oberkiefer-Zahnbogens geschieht aufgrund von unterschiedlichen Mechanismen:

- Aufgrund des jugendlichen Alters und der meist noch frühen Dentitionsphase der Patienten bei Therapiebeginn mit funktionskieferorthopädischen Geräten erfolgen zeitgleich zur Behandlung natürliche transversale Wachstumsvorgänge innerhalb des Oberkiefer Zahnbogens
- Viele Patienten mit einem Klasse II/1 Anfangsbefund weisen primär dysfunktionierende Wangenmuskulatur auf (16). Mit Hilfe von

funktionskieferorthopädischen Geräten kann diese hypertrophe Wangenmuskulatur vom Oberkiefer Zahnbogen abgehalten werden (im Falle des A-Bionators sorgen die Buccinatorschlaufen für diesen Effekt). Daraus resultiert dann eine Enthemmung des OK Transversalwachstums.

- Darüber hinaus wird die Zungenhaltung der Patienten mit ursprünglich häufig bei Therapiebeginn vorliegender offener Mundhaltung normalisiert, d. h. nach unten verlagert.
- Auch durch das Abgewöhnen eines eventuell vorhandenen Lutschhabits erfolgt eine transversale Erweiterung der Maxilla.

Gleichzeitig erfolgt eine gezielte Förderung des Unterkieferwachstums mit Hilfe des Konstruktionsbisses und schiefer Ebenen.

Eine Erklärung dafür, dass die in dieser Studie festgestellte Verbreiterung des OK Zahnbogens während der Bionator-Therapie lediglich von geringem Ausmaß ist, mag darin liegen, dass ein Teil der Patienten vor Einsetzen des Bionators bereits mit einer Oberkiefer Dehnplatte therapiert worden war, so dass die erwartete Verbreiterung bereits im Vorfeld der Bionator-Behandlung stattgefunden hat und demnach in dieser Studie nicht festgestellt werden konnte. Darüber hinaus zeichnet sich die in der vorliegenden Studie angewendete Bionator-Modifikation nach ASCHER (A-Bionator) unter anderem dadurch aus, dass vor den ersten Molaren im Oberkiefer Häkchen angebracht sind, die für eine sagittale Verankerung bei oftmals erfolgtem Stützzoneeinbruch sorgen soll. Diese Halteelemente bewirken aber neben der erwünschten sagittalen Verankerung der Sechsjahrmolaren zudem eine transversale Verankerung als Nebeneffekt. Zwar hätte dieser „Nebenwirkung“ mit Hilfe einer Transversalschraube Abhilfe geschafft werden können, doch eine solche Maßnahme erübrigte sich dadurch, dass – wie bereits erwähnt – die transversale Nachentwicklung der Maxilla bereits vor Beginn der Bionator-Therapie mit einer Dehnplatte erfolgt worden war.

Die nahezu vollständige Stabilität der erzielten therapeutischen Verbreiterung der anterioren Zahnbogenbreite im OK deckt sich mit den Angaben in der Literatur, die

eine zunehmende transversale Dimension des Oberkiefers als natürlichen Veränderungsprozess definieren (CARTER, MCNAMARA (37), DEKOCK (41)).

#### 4.4.3 Posteriore Zahnbogenbreite im OK

Die Verbreiterung der posterioren Zahnbogenbreite während der KFO-Therapie im OK war – im Vergleich zur anterioren Zahnbogenbreite – etwas ausgeprägter wenngleich statistisch gesehen immer noch unbedeutend (OK posteriore Zahnbogenbreite T1 = 46,5 mm, T2 = 47,5 mm, T3 = 47,3 mm). Diese kontinuierliche Verbreiterung der posterioren Zahnbogenbreite im OK blieb auch im Langzeitintervall stabil (T4 = 46,8 mm).

Diese Befunde entsprechen ganz dem, was bereits in Bezug auf die Veränderungen der anterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer gesagt worden ist. Sowohl der Effekt der Verbreiterung während der Behandlung mit dem Bionator, als auch die relative Stabilität im Nachuntersuchungsintervall können mit den in Kap 4.4.2 genannten Argumenten begründet werden.

### 4.5 PAR Index

Während der Bionator-Behandlung (T1-T2) konnte der PAR Index von durchschnittlich 23,3 Punkten auf 12,8 Punkte reduziert werden. Beim Zeitpunkt T3 betrug der PAR Index dann nur noch 11,2 Punkte. Die Erhöhung auf 13,4 Punkte im Nachuntersuchungsintervall war statistisch gesehen nicht relevant.

Durch den Bionator wurden folgende Behandlungserfolge bei den insgesamt 36 Patienten erzielt (T1–T2): 16 Patienten (45%) „improved“, 7 Patienten „greatly improved“ (19%) und 13 Patienten „worse or no different“ (36%).

Im Langzeitintervall T1–T4 herrschte dagegen folgende Verteilung: 13 Patienten „improved“ (17%), 6 Patienten „greatly improved“ (36%) und 17 Patienten „worse or no different“ (47%).

Das heißt, während der Behandlung mit dem Bionator (T1-T2) konnte im Schnitt eine PAR Index Reduktion von 10,6 Punkten bzw. 40,2% erzielt werden. Im Vergleich dazu bestand die Veränderung des PAR Index über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg (T1–T4) aus 9,9 Punkte bzw. 37,4 % Reduktion.

RICHMOND et al. (1992) (114) fordern als Maß für eine hohe Therapiequalität eine durchschnittliche PAR Index Reduktion von mindestens 70% im Laufe der kieferorthopädischen Behandlung. Darüber hinaus sollen mindestens 40% der Patienten der Kategorie „greatly improved“ zugeordnet werden können.

Das heißt, dass bei der Diskussion der anhand des PAR Index ermittelten Langzeitstabilität der erzielten Behandlungserfolge mit dem Bionator ein Vergleich mit Studien unbehandelter Kontrollgruppen nicht erforderlich ist. Lediglich ein Vergleich mit anderen Langzeituntersuchungen in der Literatur ist von Nöten, um eine Bewertung der in der vorliegenden Untersuchung festgestellten Behandlungsergebnisse mit dem Bionator zu ermöglichen.

RICHMOND, ANDREWS (1993) (115) konnten bei ihrer Untersuchung zum Standard der kieferorthopädischen Behandlung in Norwegen anhand von 220 Patienten aller Malokklusionen während der kieferorthopädischen Therapie eine Verbesserung des PAR Index um 78% im Schnitt feststellen. Allerdings umfasst diese Untersuchung keine Nachuntersuchung.

OTUYEMI, JONES (1995) (103) verzeichneten bei 50 Kl. II/1 Patienten sogar eine Reduktion des PAR Index um 82,5% während der Behandlung. 1 Jahr nach der Retention war dieser Wert bereits auf 69,9% gesunken. 10 Jahre später reduzierte sich dieser Behandlungserfolg weiterhin um fast die Hälfte auf lediglich 48,6%.

BIRKELAND et al. (1997) (21) untersuchten insgesamt 224 Patienten aller Malokklusionen direkt nach Beendigung der kieferorthopädischen Behandlung sowie 5 Jahre danach. Die ursprünglich erzielten 76,7% PAR Index Reduktion während der Therapie betragen fünf Jahre später nur noch 63,8%.

Die Studie von AL YAMI et al. (1999) (4) umfasst sogar insgesamt 1016 Patienten aller Malokklusionen, von denen immerhin noch 564 Patienten 10 Jahre nach Beendigung der Retention nachuntersucht werden konnten. Durch die erfolgte kieferorthopädische Therapie konnte der anfängliche PAR Index Wert um 67,1% verringert werden. Allerdings reduzierte sich dieser Wert im Nachuntersuchungsintervall von 10 Jahren auf 45,2%.

Stellt man die nun zitierten Langzeituntersuchungen neben der vorliegenden Studie in einer Tabelle dar (Tab. 37), so wird deutlich, dass trotz der Tatsache, dass die eigentlich von RICHMOND et al. geforderten mindestens 70% PAR Index Reduktion während kieferorthopädischer Therapie nicht erreicht werden konnten, die Langzeitstabilität des erzielten Behandlungserfolgs dennoch hoch ist. So gehen lediglich 2,8% des ursprünglich erzielten Behandlungserfolges durch den Bionator im Langzeitintervall von 20 Jahren verloren. Alle anderen Studien weisen mehr Rezidiv auf.

Tab. 37 Vergleich PAR Index Untersuchungen

Vergleich PAR Index Untersuchungen	Ochlich (2004)	Richmond Andrews (1993)	Otuyemi Jones (1995)	Birkeland et al. (1997)	Al Yami et al. (1999)
Patientenzahl	36	220	50	224	564
Diagnose	Dentale Kl. II	Alle Malokkl.	Kl. II/1	Alle Malokkl.	Alle Malokkl.
Nachuntersuchungs- intervall	20 Jahre	fehlt	10 Jahre	5 Jahre	10 Jahre
PAR Index Red. [%] Behandlung	40,2%	78%	82,5%	76,7%	67,1%
PAR Index Red. [%] Langzeitintervall	37,4%	/	48,6%	63,8%	45,2%

Darüber hinaus darf nicht außer Acht gelassen werden, dass die von RICHMOND et al. geforderte PAR Index Reduktion um 70%-Punkte lediglich mit festsitzender Therapie zu erreichen sind, während herausnehmbare Apparaturen naturgemäß weniger Einfluss auf den PAR Index (und dabei v. a. auf den Parameter Kontaktpunktabweichung in der Front) nehmen können. Darüber hinaus ist die Therapie mit herausnehmbaren Apparaturen immer abhängig von der Mitarbeit der Patienten, die selbst bei engmaschigen Terminen nicht immer optimal ist.

#### 4.5.1 Kritische Beurteilung

Im Zuge der Diskussion der anhand des PAR Index festgestellten Behandlungsergebnisse stellt sich die Frage nach der grundsätzlichen Aussagekraft des PAR Index. Zahlreiche Autoren in der Literatur kritisieren die Unzulänglichkeiten eines okklusalen Index als Parameter für die Beurteilung von kieferorthopädischen Befunden (u. a. AESCHELMANN (2000) (1), AL YAMI et al. (1999) (4), BIRKELAND et al. (1997) (21)).

Der hauptsächlichen Kritikpunkt in Bezug auf den PAR Index besteht darin, dass folgende Parameter nicht mit in die Beurteilung einfließen:

- kephalometrische Veränderungen
- Profilbeurteilung
- Behandlungsdauer
- Entkalkungen bzw. Karies
- Wurzelresorptionen
- Gingivarezessionen
- Neigung der Frontzähne
- Ästhetik
- Patientenzufriedenheit

Darüber hinaus fließt die Beurteilung der Seitenzahnverzahnung nur unvollständig mit ein. So wird bei der Beurteilung der sagittalen Relation allen reinen Höcker-Fissur Verzahnungen der PAR Wert 0 zugeteilt, ungeachtet der Tatsache, ob es sich dabei um eine Neutral-, Distal- oder Mesialverzahnung handelt. Aus funktioneller Hinsicht weiß man jedoch, dass v. a. im Eckzahnbereich eine saubere Kl. I Verzahnung erforderlich ist und als oberstes Therapieziel jeder kieferorthopädischen Behandlung gelten sollte. Diesem Umstand trägt der PAR Index keinerlei Rechnung.

Aufgrund dieser „Unzulänglichkeiten“ muss jede Beurteilung von Behandlungserfolg bzw. –misserfolg anhand des PAR Index in dem Bewusstsein erfolgen, dass ein okklusaler Index definitionsgemäß seine Limitierungen aufweist. Aus diesem Grunde wurden im Rahmen der vorliegenden Studie darüber hinaus weitere Methoden (Modellanalyse, kephalometrische Auswertung, etc.) zur Erfassung der Langzeitstabilität des Behandlungserfolgs mit dem Bionator angewendet. So können die mit Hilfe des PAR Index ermittelten Ergebnisse letztlich mit den Ergebnissen aus den anderen Untersuchungsverfahren verglichen und zueinander in Beziehung gesetzt werden.

#### 4.5.2 Mitarbeit

Aufgrund der Tatsache, dass bei dem in der vorliegenden Untersuchung zur Anwendung gebrachten gewichteten PAR Index der Overjet sechsfach und der Overbite immerhin noch doppelt gewichtet mit in die Beurteilung einfließt, wird bei zwei von den insgesamt 36 Patienten (F., T. ♂ und H., D. ♀) besonders deutlich, dass die beiden hauptsächlichen Ziele einer Bionator-Behandlung, nämlich Verringerung der sagittalen Frontzahnstufe und Bisshebung, nicht erreicht werden konnten.

So konnte bei dem Patienten F., T. ein anfänglicher Overjet von 11 mm zum Zeitpunkt T1 nur auf 8 mm verringert werden, was einem klinisch nicht

zufriedenstellenden Ergebnis gleichkommt. Auch der Overbite verbesserte sich kaum (Tab. 38).

Tab. 38 Patientenbeispiel F., T.

F., T. (♂)	T1	T2	T3	T4
PAR Index	39	38	34	33
Overjet [mm]	11,0	8,0	9,0	7,0
Overbite [mm]	5,0	6,0	5,5	6,0

Bei der Patientin H., D. zeigt sich ein ähnliches Bild: Die ursprünglich vorhandene sagittale Frontzahnstufe von 10 mm betrug auch nach beendeter kieferorthopädischer Therapie noch 11 mm. Der Overbite vertiefte sich von 3,5 mm bei Behandlungsbeginn (T1) auf 4,0 mm zum Zeitpunkt T2 (Tab. 39).

Tab. 39 Patientenbeispiel H., D.

H., D. (♀)	T1	T2	T3	T4
PAR Index	43	43	41	46
Overjet [mm]	10,0	13,0	11,0	12,0
Overbite [mm]	3,5	4,0	3,5	6,0

Im Zusammenhang mit diesen beiden Beispielen stellt sich bei der Klärung der Ätiologie eines derartigen Behandlungsmisserfolges in beiden Fällen die Frage nach der Mitarbeit der Patienten bei der Therapie mit einem funktionskieferorthopädischen Gerät. So kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass Patientencompliance einen nicht zu vernachlässigenden Faktor bei der Beurteilung von Behandlungserfolg bzw. –misserfolg mit herausnehmbaren Apparaturen darstellt. Im Vergleich zu Untersuchungen mit festsitzenden Geräten darf dieser Aspekt nicht aus den Augen verloren werden.

Die Problematik der Patientencompliance im Zusammenhang mit funktionskieferorthopädischen Geräten ist in der Literatur hinlänglich bekannt. GROSS et al. (1985) (60) untersuchten zum einen die psychologischen Hintergründe für die mangelnde Mitarbeit von Seiten junger Patienten und arbeiteten dann Vorschläge für den Umgang mit dieser Non-Compliance aus.

#### 4.5.3 Vergleichsgruppe

Entsprechend der natürlichen lebenslangen Reifungsprozesse im stomatognathen System, die sich auch bei zahlreichen modellanalytischen Parametern widerspiegeln (wie eingangs ausgeführt), ist ebenfalls eine spontane Veränderung des PAR Index ohne therapeutische Einflüsse wahrscheinlich. So beobachten AFSHARPANAH et al. (1995) (2) in ihrer Untersuchung zwar, dass sich der PAR Index bei 100 unbehandelten Probanden während eines Beobachtungszeitraums von zwei Jahren spontan verbessert; allerdings ist diese Verbesserung durch natürliche Reifung der Dentition so gering (weniger als 30%), dass sie daraus schlussfolgern, dass bei der Beurteilung von Behandlungsergebnissen anhand des PAR Index kein Vergleich mit einer unbehandelten Kontrollgruppe erforderlich ist.

Auch AL YAMI et al. (1998) (3) konnten in ihrer Untersuchung von 49 unbehandelten Probanden feststellen, dass keine signifikanten spontanen Veränderungen des PAR Index auftraten.

#### 4.5.4 Gewichtungsfaktoren

Bei der Beurteilung des PAR Index in der Literatur werden am häufigsten die Gewichtungsfaktoren kritisiert. Allem voran wird die Gewichtung des Overjet mit dem Faktor 6 als zu hoch eingeschätzt.

DEGUZMAN et al. (1995) (40) stellen in ihrer Studie fest, dass die von RICHMOND ermittelten Gewichtungsfaktoren für den PAR Index lediglich die Meinung von britischen Kieferorthopäden widerspiegeln. Aus diesem Grund ermittelten sie im Zuge einer Validitäts-Studie neue Gewichtungsfaktoren, die für die USA repräsentativ sein sollen.

Tab. 40 Gewichtungsfaktoren RICHMOND / DEGUZMAN

PAR Index Komponente	Gewichtungsfaktor RICHMOND et al.	Gewichtungsfaktor DEGUZMAN et al.
Kontaktpunktverschiebungen	1	1
bukkale Okklusion	1	2
Overjet bzw. frontaler Kreuzbiss	6	4,5
Overbite bzw. frontal offener Biss	2	3
Mittellinienabweichung	4	3,5

Auch HAMDAN und ROCK (1999) (61) haben ein neues Gewichtungssystem entwickelt, das abhängig ist von der dentalen Angle-Klasse des vorliegenden Befunds.

Zum einen um die Vergleichbarkeit der vorliegenden Studie mit den in der Literatur vorherrschenden PAR Index Untersuchungen mit dem Gewichtungssystem von RICHMOND zu erhalten, zum anderen aus Ermangelung eines individualisierten Gewichtungssystems für Deutschland, wurden in der vorliegenden Untersuchung dennoch die Gewichtungsfaktoren von RICHMOND verwendet.

#### 4.5.5 Anwendung des PAR Index im Wechselgebiss

Bei der Beurteilung der Kontaktpunktabweichungen im Rahmen der Erhebung des PAR Index bei einem Patientenmodell dürfen definitionsgemäß (RICHMOND et al.

(1994b) (116)) Kontaktpunkte zwischen Milchzähnen nicht berücksichtigt werden. Diese Tatsache bewirkt Schwierigkeiten bei der Anwendung des PAR Index im Wechselgebiss, wie sie auch andere Autoren feststellen (KERR et al. (1993) (83)).

Bei einem Patientenmodell im frühen oder mittleren Wechselgebiss zum Zeitpunkt T1 können von den insgesamt 10 Kontaktpunkten (jeweils 5 pro Kiefer) mindestens vier (die Kontaktpunkte zwischen den Eckzähnen und Lateralen in allen vier Quadranten) nicht beurteilt werden, weil noch die Milcheckzähne in situ sind. Somit fließen bei der Punktevergabe für die Kontaktpunktabweichungen in der Front vier Punktwerte (mit jeweils maximal 5 Punkten) nicht in die Beurteilung des Anfangsmodells mit ein und verfälschen das Ergebnis im Sinne einer niedrigeren gesamten PAR Index Punktzahl um theoretisch maximal 20 Punkte.

Zum Zeitpunkt T2 waren in der vorliegenden Untersuchung zumindest die unteren Eckzähne bei den meisten Patienten durchgebrochen und konnten in der PAR Index Erhebung berücksichtigt werden. Das heißt, die zuvor nicht bewerteten Kontaktpunkte zwischen Eckzähnen und Lateralen zum Zeitpunkt T1 wurden zum Zeitpunkt T2 erstmals mit einem Punktwert versehen und führten so zu einem insgesamt höheren PAR Index. Dies bewirkte, dass die PAR Index Entwicklung bei auch nur moderatem Fehlstand der neu durchgebrochenen Eckzähne zu einer Verfälschung der Ergebnisse führte, die das erzielte positive Behandlungsergebnis der Bionator-Behandlung zum Teil verdeckt und somit zu einer Fehleinschätzung verleitet.

Auch FOX (1993) (55) erkennt diese Problematik und rät zu differenziertem Umgang mit dem PAR Index im Wechselgebiss.

#### 4.5.6 Beurteilung von Behandlungsergebnissen

KERR et al. (1994) (84) stellen in ihrer Untersuchung von 150 Patienten, die mit herausnehmbaren Apparaturen (u. a. mit funktionskieferorthopädischen Geräten kombiniert mit Headgear) therapiert worden sind, fest, dass eine hohe Korrelation zwischen der Höhe des PAR Index Werts bei Behandlungsbeginn und dem anhand des PAR Index festgestellten Behandlungsergebnis vorliegt. Auch BUCHANAN et al. (1996) (34) erkennen diese Problematik.

In Anbetracht der Tatsache, dass bei den Patienten in der vorliegenden Untersuchung vergleichsweise geringe PAR Index Werte zum Zeitpunkt T1 zu verzeichnen waren (durchschnittlich 23,3 Punkte), verwundert es nicht, dass die von RICHMOND geforderten 70% PAR Index Reduktion während der kieferorthopädischen Therapie nicht erzielt werden konnten.

BUCHANAN et al. (1996) (34), DEGUZMAN et al. (1995) (40) und AESCHELMANN (2000) (1) stellen fest, dass die Darstellung des Behandlungserfolgs anhand der von RICHMOND empfohlenen Nomogramme mit der Einteilung in die drei Erfolgsabstufungen „improved“, „greatly improved“, „worse or no better“ Unzulänglichkeiten aufweist. Da die Zuordnung in die Kategorie „greatly improved“ erfordert, dass eine Reduzierung von mindestens 22 PAR Index Punkten erfolgt sein muss, können lediglich Patienten mit einem hohen Anfangs PAR Index Wert dieser Kategorie zugeordnet werden.

Aus diesem Grund wird empfohlen, die Darstellung des Behandlungsergebnisses anhand des PAR Index mittels der prozentualen oder – noch besser - der Punkte-Reduktion den Nomogrammen vorzuziehen. Dieser Tatsache ist in dieser Studie Rechnung getragen worden, insofern als die anhand des PAR Index ermittelten Ergebnisse auf verschiedenen Weisen dargestellt worden sind (vgl. Kap. 3.2).

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine Langzeituntersuchung Bionator-behandelter Patienten 20 Jahre nach Behandlungsende. Insgesamt 36 Patienten, die sich durch Homogenität in Anfangsbefund (dentale Klasse II), Geschlechtsverteilung (52,8% ♀, 47,2% ♂), Alter bei Behandlungsbeginn und Therapie (alle Bionator) auszeichnen, wurden zu vier unterschiedlichen Zeitpunkten untersucht:

- T1: Beginn der Bionator-Behandlung
- T2: Ende der Bionator-Behandlung
- T3: kieferorthopädisches Behandlungsende
- T4: 20 Jahre nach der Bionator-Behandlung

Folgende Parameter wurden zu den vier Untersuchungszeitpunkten erhoben und statistisch ausgewertet:

- Overjet
- Overbite
- Unterkiefer Zahnbogenform
  - Zahnbogenlänge im UK ( $L_U$ )
  - Intereckzahnbreite im UK
  - anteriore Zahnbogenbreite im UK
  - posteriore Zahnbogenbreite im UK
- Oberkiefer Zahnbogenform
  - Zahnbogenlänge im OK ( $L_O$ )
  - anteriore Zahnbogenbreite im OK
  - posteriore Zahnbogenbreite im OK
- PAR Index

Als statistische Methoden wurden der Friedman und der Wilcoxon Test angewendet. Die Fehleranalyse erfolgte anhand der Dahlberg-Formel.

Der Overjet konnte mit Hilfe des Bionators deutlich und statistisch hoch signifikant reduziert werden. Dieser Behandlungserfolg blieb auch im Langzeitintervall stabil.

Auch beim Overbite bewirkte die Behandlung mit dem Bionator eine deutliche Verbesserung im Sinne einer Verringerung der vertikalen Frontzahnstufe. Allerdings rezidierte dieser Therapieerfolg im Nachuntersuchungsintervall fast vollständig.

In Bezug auf die Unterkiefer Zahnbogenform konnte festgestellt werden, dass sowohl die Unterkiefer Zahnbogenlänge, als auch alle drei Zahnbogenbreiten durch den Bionator nicht wesentlich beeinflusst worden sind. Die einzigen statistisch wahrnehmbaren Veränderungen fanden im Nachuntersuchungsintervall statt und entsprachen dem, was zahlreiche Autoren als natürliche Veränderungsprozesse im stomatognathen System im Erwachsenenalter beschrieben haben.

Die Zahnbogenform im Oberkiefer wurde durch den Bionator ebenfalls wenig verändert. Lediglich eine leichte Verbreiterung des Oberkiefer Zahnbogens sowohl anterior, als auch posterior war zu verzeichnen. Dieses Phänomen ist zu erklären mit der „Pantoffel-Fuß-Metapher“ von KÖRBITZ (112).

Durch die Behandlung mit dem Bionator konnte der PAR Index um 40,2% im Vergleich zum Anfangsbefund reduziert werden. Im 20-Jahres Intervall war eine Reduktion von immerhin 37,4% zu verzeichnen. Demzufolge konnte mit Hilfe des PAR Index die Stabilität des erzielten Behandlungserfolges nachgewiesen werden.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

1. Aeschelmann DSV

Abhängigkeit der Behandlungsdauer von Anfangsdiagnose, Therapie und Alter zu Behandlungsbeginn unter besonderer Berücksichtigung des PAR-Index. Med. Diss. Tübingen 2000

2. Afsharpanah A, Nelson S, Feghali R, Hans MG

Assessment of an orthodontically untreated sample using the PAR index. J Dent Res 1995; 74: 139 (Abstract)

3. Al Yami EA, Kuijpers-Jagtman AM, van't Hof MA

Assessment of biological changes in a nonorthodontic sample using the PAR index. Am J Orthod 1998; 114: 224

4. Al Yami EA, Kuijpers-Jagtman AM, van't Hof MA

Stability of orthodontic treatment outcome: Follow-up until 10 years postretention. Am J Orthod 1999; 115: 300

5. Andresen V, Häupl K

Funktionskieferorthopädie. Die Grundlagen des "Norwegischen Systems". Hermann Meusser Leipzig 1936

6. Andresen V, Häupl K, Petrik L

Funktionskieferorthopädie. Johann Ambrosius Barth München 1957<sup>6</sup>

7. Andrews LF

The six keys to normal occlusion. Am J Orthod 1972; 62: 296

8. Angle EH

Classification of malocclusion. Dent Cosmos 1899; 41: 248

## 9. Angle EH

Treatment of Malocclusion of the Teeth. S. S. White Co. Philadelphia 1907<sup>7</sup>

## 10. Ascher F

Hemmung und Enthemmung bei Anwendung moderner Aktivatoren. Fortschr Kieferorthop 1964; 25: 490

## 11. Ascher F

Praktische Kieferorthopädie. Urban & Schwarzenberg München 1968

## 12. Ascher F

Kontrollierte Ergebnisse der Rückbissbehandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten. Fortschr Kieferorthop 1971; 32: 149

## 13. Ascher F

Der Bionator in der Funktionskieferorthopädie. Informationen aus Orthodontie und Kieferorthopädie 1984; 3: 215

## 14. Balters W

Allgemeines zur Atmung und Atmungsstörung. Fortschr Kieferorthop 1954; 15: 193

## 15. Balters W

Ergebnis der gesteuerten Selbstheilung von kieferorthopädischen Anomalien. Dtsch. zahnärztl. Zeitung 1960; 15: 241

## 16. Balters W

Eine Einführung in die Bionatorheilmethode. in: Ausgewählte Schriften und Vorträge. Hrsg. Hermann Ch. Druckerei Hölzer Heidelberg 1973

17. Baume LJ, Horowitz HS, Summers CJ, Backer Dirks O, Brown WAB, Carlos JP, Freer TJ, Harvold EP, Moorrees CFA, Salzmann JA, Schmuth G, Solow B, Taatz H

A method of examining occlusal traits developed by the FDI commission on classification and statistics for oral conditions (COGSTOC). *Int Dent J* 1973; 23: 530

18. BeGole EA

Statistics for the Orthodontist. in: *Orthodontics. Current Principles and Techniques*. Hrsg. Graber TM, Vanarsdall RL Jr. Mosby St. Louis 2000: 339

19. Berg R

Evaluation of orthodontic results – a discussion of some methodological aspects. *Angle Orthodont* 1991; 61: 261

20. Berg R, Fredlund A

Evaluation of orthodontic treatment results. *Eur J Orthod* 1981; 3: 181

21. Birkeland K, Furevik J, Bøe OE, Wisth PJ

Evaluation of treatment and post-treatment changes by the PAR Index. *Eur J Orthod* 1997; 19: 279

22. Bishara SE, Chadha JM, Potter RB

Stability and intercanine width, overbite and overjet correction. *Am J Orthod* 1973; 63: 588

23. Bishara SE, Jakobsen JR, Treder JE, Stasi MJ

Changes in the maxillary and mandibular tooth size - arch length relationship from early adolescence to early adulthood. A longitudinal study. *Am J Orthod* 1989; 95: 46

24. Bishara SE, Treder JE, Jakobsen JR

Facial and dental changes in adulthood. *Am J Orthod* 1994; 106: 175

- 
25. Bishara SE, Jakobsen JR, Vorhies B, Bayati P  
Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: A longitudinal study. *Angle Orthodont* 1997; 67: 55
26. Björk A  
Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Trans Europ Orthod Soc* 1964; 49
27. Björk A, Krebs A, Solow B  
A method for the epidemiological registration of malocclusion. *Acta Odont Scand* 1964; 22: 27
28. Blake M, Bibby K  
Retention and stability: A review of the literature. *Am J Orthod* 1998; 114: 299
29. Bolmgren GA, Moshiri F  
Bionator treatment in Class II, division 1. *Angle Orthodont* 1986; 255
30. Bredy E, Jungto H  
Der Elastisch-Offene Aktivator nach Klammt – Ergebnisse einer Nachuntersuchung. *Fortschr Kieferorthop* 1987; 48: 87
31. Bremen von J, Pancherz H  
Efficiency of early and late class II Division 1 treatment. *Am J Orthod* 2002; 121: 31
32. Brook PH, Shaw WC  
The development of an index of orthodontic treatment priority. *Eur J Orthod* 1989; 11: 309
33. Buchanan IB, Downing A, Stirrups DR  
A comparison of the Index of Orthodontic Treatment Need applied clinically and to diagnostic records. *Br J Orthod* 1994; 21: 185

- 
34. Buchanan IB, Russell JI, Clark JD  
Practical Application of the PAR Index: An Illustrative Comparison of the Outcome of Treatment Using Two Fixed Appliance Techniques. *Br J Orthod* 1996; 23: 351
35. Burden DJ, Mc Guinness N, Stevenson M, McNamara T  
Predictors of outcome among patients with Class II Division 1 malocclusion treated with fixed appliances in the permanent dentition. *Am J Orthod* 1999; 116: 452
36. Carlos J  
Evaluation of indices of malocclusion. *Int Dent J* 1970; 20: 606
37. Carter GA, McNamara JA  
Longitudinal dental arch changes in adults. *Am J Orthod* 1998; 114: 88
38. Dahlberg A  
Statistical Methods for Medical and Biology Students. Interscience New York 1940
39. Daniels C, Richmond S  
The development of the Index of Complexity, Outcome and Need (ICON). *Br J Orthod* 2000; 27: 149
40. De Guzman L, Bahiraei D, Vig KWL, Vig PS, Weyant RJ, O'Brien K  
The validation of the Peer Assessment Rating index for malocclusion severity and treatment difficulty. *Am J Orthod* 1995; 107: 172
41. DeKock WH  
Dental arch depth and width studied longitudinally from 12 years of age to adulthood. *Am J Orthod* 1972; 62: 56
42. Demisch A  
Langzeitbeobachtungen über die Stabilität der Okklusion nach Distalbisstherapie mit dem Berner Aktivator. *Schweiz. Mschr. Zahnheilk.* 1980; 90: 867-880

- 
43. Drage KJ, Hunt NP  
Overjet relapse following functional appliance therapy. Br J Orthod 1990; 17: 205
44. Draker H  
Handicapping labio-lingual deviations: a proposed index for Public Health purposes. Am J Orthod 1960; 46: 295
45. Droschl H  
Der Bionator in der interzeptiven Behandlung – Indikation und Grenzen. ZWR 1984; 93 (10): 786
46. Eismann D  
Numerische Erfolgsbewertung kieferorthopädischer Therapie. Med. Habil. Schriften Dresden 1970
47. Elderton RJ, Clark JD  
Orthodontic treatment in the General Dental Service assessed by the Occlusal Index. Br J Orthod 1983; 10: 178
48. Elms TN, Buschang PH, Alexander, RG  
Long-term stability of Class II Division 1, nonextraction cervical face-bow therapy: I. Model analysis. Am J Orthod 1996; 109: 271
49. Euba A  
Skelettale und dento-alveoläre Änderungen bei der kieferorthopädischen Behandlung mit der Bionator-Modifikation nach Ascher. Eine kephalometrische Studie. Med. Diss. München 1986
50. Evans R, Shaw WC  
Preliminary evaluation of an illustrated scale for rating dental attractiveness. Eur J Orthod 1987; 9: 314

- 
51. Feghali R, Nelson S, Afsharpanah A, Hans MG  
Assessment of an orthodontic clinical sample using the PAR Index. *J Dent Res* 1995;  
74: 139 (Abstract)
52. Feldmann I, Lundström F, Peck S  
Occlusal changes from adolescence to adulthood in untreated patients with Class II  
Division 1 deepbite malocclusion. *Angle Orthodont* 1999; 69: 33
53. Fidler BC, Årtun J, Joondeph DR, Little RM  
Long-term stability of Angle class II, Division 1 malocclusions with successful  
occlusal results at end of active treatment. *Am J Orthod* 1995; 107: 276
54. Fischer-Brandies H, Stahl ANF  
Kieferorthopädische Modellanalyse. Carl Hanser Verlag München 1995
55. Fox NA  
The first 100 cases: a personal audit of orthodontic treatment assessed by the PAR  
(peer assessment rating) index. *Br Dent J* 1993; 174: 290
56. Gibbs SL, Hunt NP  
Functional appliances and arch width. *Br J Orthod* 1992; 19: 117
57. Graber TM  
Functional Appliances. in: *Orthodontics. Current Principles and Techniques*. Hrsg.  
Graber TM, Vanarsdall RL Jr. Mosby St. Louis 2000: 473
58. Grainger RM  
Orthodontic treatment priority index. Public Health Service Publication No. 1000,  
Series 2, No. 25. Washington D. C. US Government Printing Office, 1967

- 
59. Grewe JM, Hermanson PC  
Influence of severity of malocclusion on the duration of orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1973; 63: 533
60. Gross AM, Samson G, Dierkes M  
Patient cooperation in treatment with removable appliances: A model of patient noncompliance with treatment implications. *Am J Orthod* 1985; 87: 392
61. Hamdan AM, Rock WP  
An appraisal of the Peer Assessment Rating (PAR) Index and a suggested new weighting system. *Eur J Orthod* 1999; 21: 181
62. Harvold EP  
The activator in interceptive orthodontics. Mosby St Louis 1974
63. Harvold EP, Vargervik K  
Morphogenetic response to activator treatment. *Am J Orthod* 1971; 60: 478
64. Harris EF, Vaden JL, Dunn KL, Behrents RG  
Effects of patient age on postorthodontic stability in class II, division 1 malocclusions. *Am J Orthod* 1994; 105: 25
65. Hasund A  
Funksjonskjevortopedi. Universitätsbibliothek Bergen 1969
66. Herren P  
Das Wirkungsprinzip des Distalbiss-Aktivators. *Fortschr Kieferorthop* 1980; 41: 308
67. Holman JK, Hans MG, Nelson S, Powers MP  
An assessment of extraction versus nonextraction orthodontic treatment using the peer assessment rating (PAR) index. *Angle Orthodont* 1998; 68: 527

68. Hotz R

Versuch einer Klassifizierung von Erfolg und Misserfolg. Ergebnisse einer Nachuntersuchung von 250 Fällen. Fortschr Kieferorthop 1962; 23: 338

69. Houston WJB

The analysis of errors in orthodontic measurements. Am J Orthod 1983; 83: 382

70. Illing HM, Morris DO, Lee RT

A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part I – the hard tissues. Eur J Orthod 1998; 20: 501

71. Isaacson RJ, Zapfel RJ, Worms FW, Bevis RB, Speidel TM

Some effects of mandibular growth on the dental occlusion and profile. Angle Orthodont 1977; 47: 97

72. Janson I

Zeitpunkt der Bionatorbehandlung in Abhängigkeit vom Wachstum. Fortschr Kieferorthop 1977; 38: 435

73. Janson I

Skelettale und dento-alveoläre Änderungen durch die Bionator-Behandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. Quintessenz Verlag Berlin. Med. Habil. 1982

74. Janson I

Bionator-Modifikationen in der kieferorthopädischen Therapie. Carl Hanser Verlag München 1987

75. Janson I

Morphologische Kriterien für die Indikation einer Behandlung mit der Bionatormodifikation nach Ascher. Fortschr Kieferorthop 1987; 48: 71

76. Janson I, Hasund A

Indikationen und Grenzen der Funktionskieferorthopädie in der täglichen Praxis. in: Deutscher Zahnärztekalender Carl Hanser Verlag München 1979: 112

77. Järvinen S

Indexes for orthodontic treatment need. Am J Orthod 2001; 120: 237

78. Joondeph DR

Retention and Relapse. in: Orthodontics. Current Principles and Techniques. Hrsg. Graber TM, Vanarsdall RL Jr. Mosby St. Louis 2000: 985

79. Kahl-Nieke B, Fischbach H, Schwarze CW

Treatment and postretention changes in dental arch width dimensions – a long-term evaluation of influencing cofactors. Am J Orthod 1996; 109: 368

80. Kantorowicz A, Korkhaus G

Moderne orthodontische Therapie. Hermann Meusser Berlin: 1928

81. Kantorowicz A, Brückl H, Reichenbach E

Neuere Erfahrungen mit der kieferorthopädischen Prophylaxe und Frühbehandlung. Ein Round-Table-Gespräch, Berlin 1961, in: Reichenbach E, Brückl H, Taatz H: Kieferorthopädische Klinik und Therapie. Johann Ambrosius Barth Leipzig 1971<sup>7</sup>

82. Keeling SD, Wheeler TT, King GJ, Garvan CW, Cohen DA, Cabassa S, McGorray SP, Taylor MG

Anteroposterior skeletal and dental changes after early Class II treatment with bionators and headgear. Am J Orthod 1998; 113: 40

83. Kerr WJS, Buchanan IB, Mc Coll JH

Use of the PAR Index in Assessing the Effectiveness of Removable Orthodontic Appliances. Br J Orthod 1993; 20: 351

- 
84. Kerr WJS, Buchanan IB, McNair FI, McColl JH  
Factors influencing the outcome and duration of removable appliance treatment. *Eur J Orthod* 1994; 16: 181
85. Koch R, Bartsch A  
Die Bewertung kieferorthopädischer Behandlungen. Überlegungen anhand des Eismann-Verfahrens. *Fortschr Kieferorthop* 1994; 55: 251
86. Korkhaus G  
Gebiss-, Kiefer- und Gesichtorthopädie. In: Bruhn, C. (Hrsg.): *Handbuch der Zahnheilkunde*. Band IV. Bergmann München 1939
87. Kondo E  
Occlusal stability in Class II, Division 1, deep bite cases followed up for many years after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1998; 114: 611
88. Leibig T  
Funktionelle Analyse Bionator-behandelter Patienten. *Med. Diss. München* 1986
89. Lenz GJ, Woods MG  
Incisal changes and orthodontic stability. *Angle Orthodont* 1999; 69: 424
90. Linder-Aronson S  
Orthodontics in the Swedish Public Dental Health System. *Trans Eur Orthod Soc* 1974: 233
91. Little RM  
The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. *Am J Orthod* 1975; 68: 554

92. Little RM

Stability and relapse of dental arch alignment. *Br J Orthod* 1990; 17: 235

93. Little RM, Wallen TR, Riedel RA

Stability and relapse of mandibular anterior alignment – first premolar extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. *Am J Orthod* 1981; 80: 349

94. Little RM, Riedel RA, Årtun J

An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod* 1988; 93: 423

95. Mamandras AH, Allen LP

Mandibular response to orthodontic treatment with the Bionator appliance. *Am J Orthod* 1990; 97: 113

96. McDougall PD, McNamara JA, Dierkes JM

Arch width development in Class II patients treated with the Fränkel appliance. *Am J Orthod* 1982; 82: 10

97. McGorray SP, Wheeler TT, Keeling ST, Yurkiewicz L, Taylor MG, King GJ

Evaluation of orthodontists' perception of treatment need and the peer assessment rating (PAR) index. *Angle Orthodont* 1999; 69: 325

98. Moorrees CFA

The Dentition of the Growing Child. A Longitudinal Study of Dental Development between 3 and 18 Years of Age. Harvard University Press. Cambridge 1959

99. Nötzel F, Schultz C

Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Analysen und Tabellen für die Praxis. Deutscher Zahnärzte Verlag. Köln 2001

- 
100. O'Brien KD, Shaw WC, Roberts CT  
The Use of Occlusal Indices in Assessing the Provision of Orthodontic Treatment by the Hospital Orthodontic Service of England and Wales. *Br J Orthod* 1993; 20: 25
101. O'Brien KD, Robbins R, Vig KWL, Vig PS, Shnorhokian H, Weyant R  
The effectiveness of Class II, Division 1 treatment. *Am J Orthod* 1995; 107: 329
102. Op Heij DG, Callaert H, Opdebeeck HM  
The effect of the amount of protrusion built into the Bionator on condylar growth and displacement: A clinical study. *Am J Orthod* 1989; 95: 401
103. Otuyemi OD, Jones SP  
Long-term evaluation of treated class II division 1 malocclusions utilizing the PAR index. *Br J Orthod* 1995; 22: 171
104. Pair JW, Luke L, White S, Atchinson K, Englehart R, Brennan R  
Variability of study cast assessment among orthodontists. *Am J Orthod* 2001; 120: 629
105. Pancherz H  
Relapse after activator treatment. A biometric, cephalometric and electromyographic study of subjects with and without relapse of overjet. *Am J Orthod* 1977; 72: 499
106. Pancherz H  
The Herbst appliance – its biologic effects and clinical use. *Am J Orthod* 1985; 87: 1
107. Pancherz H  
The effects, limitations and long-term dentofacial adaptations to treatment with the Herbst appliance. *Sem Orthod* 1997; 3: 232

- 
108. Pangrazio-Kulbersh V, Kaczynski R, Shunock M  
Early treatment outcome assessed by the Peer Assessment Rating index. Am J Orthod 1999; 115: 544
109. Pickering EA, Vig P  
The Occlusal Index used to assess orthodontic treatment. Br J Orthod 1975; 2: 47
110. Pont A  
Der Zahn-Index in der Orthodontie. Z Zahnärztl Orthop 1909; 3: 306
111. Profitt WR  
Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth. Angle Orthodont 1978; 48: 175
112. Reichenbach E, Brückl H  
Kieferorthopädische Klinik und Therapie. Eine Einführung unter Berücksichtigung der abnehmbaren Geräte. Johann Ambrosius Barth Leipzig 1971<sup>7</sup>
113. Richmond S, Shaw WC, O'Brien KD, Buchanan IB, Jones R, Stephens CD, Roberts CT, Andrews M  
The development of the PAR Index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. Eur J Orthod 1992; 14: 125
114. Richmond S, Shaw WC, Roberts CT, Andrews M  
The PAR Index (Peer Assessment Rating): methods to determine outcome of orthodontic treatment in terms of improvement and standards. Eur J Orthod 1992; 14: 180
115. Richmond S, Andrews M  
Orthodontic treatment standards in Norway. Eur J Orthod 1993; 15: 7

- 
116. Richmond S, O'Brien KD, Buchanan IB, Burden DJ  
An Introduction to Occlusal Indices. Mandent Press. University of Manchester. 1994<sup>2</sup>
117. Richmond S, Daniels CP  
International comparisons of professional assessments in orthodontics: Part 1 –  
Treatment need. Am J Orthod 1998; 113: 180
118. Richmond S, Daniels CP  
International comparisons of professional assessments in orthodontics: Part 2 –  
Treatment outcome. Am J Orthod 1998; 113: 324
119. Riedmann T, Berg R  
Retrospektive Bewertung des Therapieerfolgs bei kieferorthopädischer Behandlung  
von Erwachsenen. Fortschr Kieferorthop 1999; 60: 108
120. Roberts CT, Richmond S  
The design and analysis of reliability studies for the use of epidemiological and audit  
indices in orthodontics. Br J Orthod 1997; 24: 139
121. Robin P  
Observations sur un nouvel appareil de redressement. Rev Stomatol 1902; 9: 423
122. Roux, W  
Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen.  
Engelmann Leipzig 1895
123. Rudge SJ, Jones PT, Hepenstal S, Bowden DEJ  
The reliability of study model measurement in the evaluation of crowding. Eur J  
Orthod 1983; 5: 225

124. Rudzki-Janson I, Noachtar R

Functional Appliance Therapy with the Bionator. *Sem Orthod* 1998; 4: 33

125. Ruf S, Pancherz H

Temporomandibular joint remodelling in adolescents and young adults during Herbst treatment: A prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod* 1999; 115: 607

126. Rutter RR, Witt E

Correction of Class II, Division 2 malocclusions through the use of the Bionator appliance. Report of two cases. *Am J Orthod* 1990; 97: 106

127. Sadowsky C, BeGole EA

Long-term effects of orthodontic treatment on periodontal health. *Am J Orthod* 1981; 80: 156

128. Sadowsky C, Sakols EI

Long-term assessment of orthodontic relapse. *Am J Orthod* 1982; 82: 456

129. Salzmann JA

Handicapping malocclusion assessment to establish treatment priority. *Am J Orthod* 1968; 54: 749

130. Scheffler B

Ein Beitrag zur Indikation der Bionatortherapie nach Balters im Rahmen der modernen Funktionskieferorthopädie. *Fortschr Kieferorthop* 1970; 31: 287

131. Schmuth GPF

Kieferorthopädie. Grundzüge und Probleme. Georg Thieme Verlag Stuttgart 1973

132. Schopf P

Curriculum Kieferorthopädie. Band I und II. Quintessenz Verlag Berlin 2000<sup>3</sup>

133. Serogl HG, Zentner A

A comparative assessment of acceptance of different types of functional appliances.  
Eur J Orthod 1998; 20: 517

134. Shapiro PA

Mandibular dental arch form and dimension. Treatment and postretention changes.  
Am J Orthod 1974; 66: 58

135. Shaw WC, Richmond S, O'Brien KD, Brook P, Stephens CD

Quality control in orthodontics: Indices of treatment need and treatment standards. Br  
Dent J 1991; 170: 107

136. Shaw WC, Richmond S, O'Brien KD

The use of occlusal indices: A European perspective. Am J Orthod 1995; 107: 1

137. Simons ME, Joondeph DR

Change in overbite: a ten-year postretention study. Am J Orthod 1973; 64: 349

138. Sinclair PM, Little RM

Maturation of untreated normal occlusions. Am J Orthod 1983; 83: 114

139. Sinclair PM, Little RM

Dentofacial maturation of untreated normals. Am J Orthod 1985; 88: 146

140. Steinhäuser E, Janson I

Kieferorthopädische Chirurgie. Eine interdisziplinäre Aufgabe. Band I. Quintessenz  
Verlag Berlin 1988

141. Stutzmann J, Petrovic A

Ist der Bionator ein orthopädisches und/oder ein orthodontisches Gerät? Eine experimentelle und klinische Studie. Fortschr Kieferorthop 1986; 47: 254

142. Stutzmann J, Petrovic A

Durch Bionator verursachtes zusätzliches Längenwachstum des Unterkiefers beim Kind. Stellungnahme zur Wirkungsweise von funktionskieferorthopädischen Geräten. Anfrage von Prof. Berg. Fortschr Kieferorthop 1987; 48: 556

143. Summers CJ

The Occlusal Index: a system for identifying and scoring occlusal disorders. Am J Orthod 1971; 59: 552

144. Tang ELK, Wei SHY

Recording and measuring malocclusion: A review of the literature. Am J Orthod 1993; 103: 344

145. Turbill EA, Richmond S, Wright JL

Assessment of General Dental Services Orthodontic Standards: the Dental Practice Board's Gradings Compared to PAR and IOTN. Br J Orthod 1996; 23: 211

146. Uhde MD, Sadowsky C, BeGole EA

Long-Term Stability of Dental Relationships After Orthodontic Treatment. Angle Orthodont 1983; 53: 240

147. Van der Linden FPGM

Changes in the dentofacial complex during and after orthodontic treatment. Eur J Orthod 1979; 1: 97

148. Van der Linden FPGM

Facial growth and facial orthopedics. Quintessence Chicago 1985

- 
149. Wenger R, Douangpanya S, Vig K, Beck M, Vig P  
Classes I, II and III differences in severity, duration and orthodontic results. *J Dent Res* 1996; 75: 437 (Abstract)
150. Wheeler TT, McGorray SP, Dolce C, Taylor MG, King GJ  
Effectiveness of early treatment of class II malocclusion. *Am J Orthod* 2002; 121: 9
151. Willems G, Heidbüchel R, Verdonck A, Carels C  
Treatment and standard evaluation using the Peer Assessment Rating index. *Clin Oral Invest* 2001, 5: 57
152. Witt E  
Grundprinzipien der Aktivator- und Bionatortherapie. *Dtsch. zahnärztl. Zeitung* 1971; 22: 1
153. Woodside DG, Read RT, Doucet JD, Thompson GW  
Some effects of activator treatment on the growth rate of the mandible and position of the midface. *Trans Eur Orthodont Soc* 1973: 443

## 7 ANHANG

### 7.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Angle-Klassen schematisch dargestellt .....	5
Abb. 2 Wachstumskurve .....	8
Abb. 3 Schematische Darstellung der Dentitionsphasen nach SCHOUR und MASSLER.....	9
Abb. 4 KÖRBITZ´scher „Pantoffelvergleich“ .....	10
Abb. 5 Der A-Bionator .....	14
Abb. 6 Konstruktionszeichnung für einen A-Bionator .....	16
Abb. 7 Das dreidimensional orientierte KFO-Modell .....	22
Abb. 8 Transversale Distanz im UK nach MOORREES.....	31
Abb. 9 Pubertales Wachstumsmaximum (farblich hervorgehoben).....	32
Abb. 10 Boxplot Altersstruktur.....	37
Abb. 11 Digitale Schieblehre MITUTOYO .....	39
Abb. 12 Messpunkte für die anterioren (1, 3) und posterioren (2, 4) Zahnbogenbreiten nach PONT, sowie $L_O$ und $L_U$ nach KORKHAUS.....	41
Abb. 13 Messung des Overjet / Messung des Overbite .....	41
Abb. 14 Unterteilung der Zahnbögen in Segmente zum Ermitteln des PAR Index....	45
Abb. 15 Der „PAR ruler“ .....	46
Abb. 16 Nomogramm zur Beurteilung des Behandlungserfolgs anhand des PAR Index .....	53
Abb. 17 Boxplot Overjet .....	61
Abb. 18 Boxplot Overbite .....	63
Abb. 19 Boxplot UK Zahnbogenlänge .....	65
Abb. 20 Boxplot UK Intereckzahnbreite .....	67
Abb. 21 Boxplot UK Zahnbogenbreite 4-4.....	68
Abb. 22 Boxplot UK Zahnbogenbreite 6-6.....	70
Abb. 23 Boxplot OK Zahnbogenlänge.....	71

Abb. 24 Boxplot OK Zahnbogenbreite 4-4 .....	73
Abb. 25 Boxplot OK Zahnbogenbreite 6-6 .....	75
Abb. 26 Boxplot PAR Index.....	77
Abb. 27 Histogramm PAR Index T1, T2 und T4.....	79
Abb. 28 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T1 .....	81
Abb. 29 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T2 .....	81
Abb. 30 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T3 .....	82
Abb. 31 Tortendiagramm PAR Index Verteilung T4 .....	83
Abb. 32 Nomogramm PAR Index T1-T2 (Bionator-Behandlung).....	84
Abb. 33 Tortendiagramm PAR Index Entwicklung T1-T2.....	85
Abb. 34 Nomogramm PAR Index T1–T4 (Langzeitintervall) .....	86
Abb. 35 Tortendiagramm PAR Index Entwicklung T1-T4.....	87

## 7.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Altersstruktur der Patienten.....	37
Tab. 2 Dauer der untersuchten Zeitintervalle .....	38
Tab. 3 PAR Index Bewertung: Kontaktpunktverschiebung im Frontsegment.....	47
Tab. 4 PAR Index Bewertung: bukkale Okklusion - Sagittale.....	47
Tab. 5 PAR Index Bewertung: bukkale Okklusion - Vertikale.....	48
Tab. 6 PAR Index Bewertung: bukkale Okklusion - Transversale .....	48
Tab. 7 PAR Index Bewertung: Overjet bzw. frontaler Kreuzbiss .....	48
Tab. 8 PAR Index Bewertung: Overbite bzw. frontal offener Biss .....	49
Tab. 9 PAR Index Bewertung: Mittellinienbeurteilung .....	50
Tab. 10 Gewichtungsfaktoren der fünf PAR Index Komponenten.....	51
Tab. 11 Bewertungsmaßstab für die Beurteilung des Behandlungsergebnisses mit dem PAR Index.....	52
Tab. 12 Deskriptive Statistik Overjet .....	60
Tab. 13 Wilcoxon Test Overjet.....	61
Tab. 14 Deskriptive Statistik Overbite .....	62
Tab. 15 Wilcoxon Test Overbite .....	62

---

Tab. 16 Deskriptive Statistik UK Zahnbogenlänge .....	64
Tab. 17 Wilcoxon Test UK Zahnbogenlänge.....	64
Tab. 18 Deskriptive Statistik UK Intereckzahnbreite .....	66
Tab. 19 Wilcoxon Test UK Intereckzahnbreite .....	66
Tab. 20 Deskriptive Statistik UK Zahnbogenbreite 4-4.....	67
Tab. 21 Wilcoxon Test UK Zahnbogenbreite 4-4 .....	68
Tab. 22 Deskriptive Statistik UK Zahnbogenbreite 6-6.....	69
Tab. 23 Wilcoxon Test UK Zahnbogenbreite 6-6 .....	69
Tab. 24 Deskriptive Statistik OK Zahnbogenlänge.....	70
Tab. 25 Wilcoxon Test OK Zahnbogenlänge .....	71
Tab. 26 Deskriptive Statistik OK Zahnbogenbreite 4-4 .....	72
Tab. 27 Wilcoxon Test OK Zahnbogenbreite 4-4 .....	72
Tab. 28 Deskriptive Statistik OK Zahnbogenbreite 6-6 .....	74
Tab. 29 Wilcoxon Test OK Zahnbogenbreite 6-6 .....	74
Tab. 30 Deskriptive Statistik PAR Index.....	76
Tab. 31 Wilcoxon Test PAR Index .....	76
Tab. 32 PAR Index Entwicklung T1-T2 .....	77
Tab. 33 PAR Index Entwicklung T1-T4 .....	78
Tab. 34 Behandlungserfolg T1-T2 (ermittelt anhand des PAR Index).....	84
Tab. 35 Behandlungserfolg T1-T4 (ermittelt anhand des PAR Index).....	86
Tab. 36 PAR Index Reduktion in Punkten und Prozent.....	88
Tab. 37 Vergleich PAR Index Untersuchungen.....	99
Tab. 38 Patientenbeispiel F., T. ....	102
Tab. 39 Patientenbeispiel H., D.....	102
Tab. 40 Gewichtungsfaktoren RICHMOND / DEGUZMAN .....	104

### 7.3 Datentabelle Modellanalyse

Name	M/W	Alter				PAR				OJ				OB				SIOK	SIOK	T1	T2
		T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4				
1. B., P.	W	10,2	12,7	32,3	32,3	14	14	6	7,5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	0,0	0,0	3,5	26,5	27,2		
2. B., M.	W	10,4	14	33,7	33,7	16	16	12	4,0	3,0	3,0	2,5	3,0	3,0	3,5	3,0	3,5	27,5	26,8		
3. B., R.	M	11,8	15	36,2	36,2	8	8	27	3,5	3,0	3,0	3,0	2,0	5,5	2,0	2,0	2,5	34,0	34,0		
4. C., Y.	W	7,6	10,9	33,4	33,4	29	13	16	6,5	4,0	4,0	3,0	3,0	-7,0	3,0	4,0	4,0	28,8	28,2		
5. E., E.	W	11,1	12,5	34,1	34,1	0	5	5	0	3,0	3,0	2,5	3,0	1,0	3,0	2,0	2,0	29,1	29,3		
6. F., T.	M	8,1	10,6	31,1	31,1	39	38	33	11,0	8,0	9,0	9,0	7,0	5,0	6,0	5,5	6,0	28,6	26,3		
7. F., H.	M	9,4	12,7	30,8	30,8	14	7	15	0,0	2,5	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0	2,5	3,5	28,9	28,8		
8. G., M.	M	11,7	15,2	33,7	33,7	6	2	3	4,0	2,5	3,0	3,0	3,0	2,0	2,0	2,0	3,0	30,5	30,8		
9. H., D.	W	8,8	13	31,1	31,1	43	43	41	10,0	13,0	11,0	12,0	12,0	3,5	4,0	3,5	6,0	32,7	32,0		
10. H., R.	M	10,6	13,1	33,3	33,3	14	7	8	2,5	2,5	2,5	1,5	3,0	4,0	3,5	3,0	3,0	31,1	30,8		
11. J., N.	W	6,8	8,9	27,0	27,0	29	36	11	11,0	3,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3,0	1,0	2,5	27,4	27,4		
12. J., M.	M	15,5	16	37,1	37,1	5	5	2	2,5	2,5	2,0	2,0	3,0	2,5	2,0	2,0	2,5	27,6	28,4		
13. J., M.	W	9,5	13,7	30,8	30,8	30	6	3	6,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	3,0	2,0	2,0	31,0	31,2		
14. J., S.	M	8,3	12	32,9	32,9	18	6	15	1,5	2,0	2,0	3,0	3,0	0,5	1,5	1,0	1,0	31,7	30,8		
15. K., D.	W	11,3	12,7	33,9	33,9	24	6	9	4,0	1,0	1,5	1,5	2,0	6,0	5,0	4,0	2,5	32,5	32,3		
16. K., M.	M	8,7	11,3	32,8	32,8	37	13	7	11,0	3,5	3,5	3,0	3,0	6,0	4,0	4,0	5,0	29,9	29,6		
17. K., A.	M	13,1	14,9	34,8	34,8	24	19	20	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	5,5	2,5	3,0	3,5	30,3	30,3		
18. M., L.	W	7,7	11,2	26,8	26,8	22	8	3	7,0	2,5	2,5	2,5	2,0	5,0	4,0	4,0	4,5	28,1	28,8		
19. M., G.	W	9,8	11,3	31,5	31,5	34	23	13	7,0	3,5	3,5	3,5	6,0	5,0	4,5	5,5	5,5	30,5	30,2		
20. M., C.	W	10,4	12	33,2	33,2	35	5	7	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	5,0	4,0	4,5	4,5	27,9	27,6		
21. M., T.	M	12,6	14	31,5	31,5	27	19	3	8,0	5,0	3,0	3,0	3,0	5,0	4,0	3,0	3,5	31,7	31,9		
22. M., B.	M	11,6	13,3	34,2	34,2	17	10	11	6,0	2,5	4,0	4,0	4,0	2,5	1,0	2,0	2,0	33,9	32,3		
23. O., A.	M	10,1	12	31,6	31,6	23	13	4	4,0	2,0	2,0	1,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	28,2	28,3		
24. P., R.	M	10	12,8	35,2	35,2	23	11	18	1,0	2,0	2,0	3,5	0,0	0,5	1,0	0,0	0,0	31,4	29,6		
25. R., K.	W	9,4	12	32,2	32,2	20	20	16	5,0	0,0	0,0	3,5	3,5	3,0	0,0	2,0	4,0	28,1	27,8		
26. S., R.	W	10,7	11,6	33,1	33,1	7	6	5	3,0	2,0	2,0	2,0	2,5	4,5	4,0	4,5	32,5	31,0			
27. S., G.	W	12,8	13,8	35,4	35,4	33	5	20	8,0	1,0	1,0	1,0	2,0	5,0	1,0	3,0	29,4	29,5			
28. S., S.	M	11	15	33,5	33,5	33	9	17	5,0	2,0	2,0	3,0	5,0	6,0	6,0	3,0	32,2	31,7			
29. S., M.	M	9	12,9	30,9	30,9	8	8	5	3,0	3,0	3,0	3,0	2,5	4,0	3,0	4,5	7,0	27,1	27,2		
30. S., A.	W	9,2	14,2	32,5	32,5	11	8	13	3,0	2,0	2,0	3,0	3,5	5,0	3,0	3,0	3,5	30,0	29,7		
31. S., C.	M	10,1	12,4	32,7	32,7	14	7	10	15	5,0	3,0	3,5	4,0	2,5	2,0	2,0	3,0	33,5	32,4		
32. S., B.	W	9	11,5	33,1	33,1	28	12	30	7,5	1,5	1,5	1,5	2,5	3,5	1,5	3,0	28,9	28,5			
33. T., K.	W	11,3	15,7	34,4	34,4	12	21	10	4,0	6,0	6,0	6,0	3,0	3,0	1,0	3,5	28,1	27,1			
34. U., S.	W	10,6	13,8	32,9	32,9	13	2	5	4,0	2,0	2,0	2,0	2,5	4,0	2,0	3,0	27,5	26,5			
35. V., R.	M	11,9	13,8	35,3	35,3	18	16	6	6,5	4,0	4,0	4,0	1,5	5,0	5,5	3,5	26,4	25,2			
36. W., P.	W	10,8	14,2	32,8	32,8	34	5	7	5,0	2,0	2,0	3,0	3,0	5,0	2,5	5,0	3,0	31,9	31,0		



Name	Platzangebot															
	OK	Front re	OK	Stütz. re												
	T1	T2	T3	T4												
1. B., P.	15,2	14,5			14,6	15,1	14,3		14,4				14,4	21,2	20,4	
2. B., M.	14,3	13,7	14,1		14,2	14,7	14,3	14,3	13,5	22,2			13,5	22,2	21,5	21,3
3. B., R.	16,8	16,1			16,0	17,1	17,3		16,5	22,4			16,5	22,4	24,7	
4. C., Y.	14,8	14,9			14,1	15,7	15,1		14,1	22,6			14,1	22,6	21,0	
5. E., E.	15,1	14,4	14,3		14,0	13,9	14,9		14,4	21,9			14,4	21,9	18,6	16,4
6. F., T.		14,3	15,0		13,4	15,0	15,0		13,2	22,6			13,2	22,6	23,8	
7. F., H.	13,3	15,2	15,0		15,2	11,6	14,9		13,9	18,3			13,9	18,3	15,7	14,5
8. G., M.	15,8	15,7	15,6		15,1	15,8	15,7		15,8	22,6			15,8	22,6	22,1	21,4
9. H., D.	16,4	15,7	16,6		15,7	15,8	15,3		15,6				15,7			
10. H., R.	16,0	15,7			15,9	16,9	16,2		16,5	24,2			16,5	24,2		
11. J., N.		12,1	14,2		14,6	14,6	14,3		14,4	23,3			14,4	23,3	16,8	
12. J., M.	15,4	16,0	15,8		15,1	14,9	14,7		15,1	24,6			15,1	24,6	25,0	23,4
13. J., M.	16,4	15,6	16,1		15,9	16,4	15,7		16,1	23,8			16,1	23,8	22,4	22,4
14. J., S.	16,0	15,0			15,8	15,5	15,4		15,5	19,4			15,5	19,4		
15. K., D.	16,5	16,5	16,2		15,7	17,3	16,6		16,1	22,4			16,1	22,4		
16. K., M.	15,3	14,9			15,1	17,2	15,2		14,9	24,5			14,9	24,5		
17. K., A.	15,5	16,0	15,6		15,4	15,6	14,4		13,9	22,4			13,9	22,4	21,8	21,8
18. M., L.	13,9	15,3	15,1		15,6	13,8	14,4		15,0	24,8			15,0	24,8	22,8	22,8
19. M., G.	15,0	14,9	15,2		15,2	15,0	15,2		15,2	20,8			14,7	22,1	20,8	15,8
20. M., C.	14,3	14,6			14,7	13,8	13,7		14,2	20,6			14,2	21,7	20,6	
21. M., T.	17,2	17,2	16,5		16,7	17,7	17,1		16,0	23,3			16,1	21,9	23,3	22,2
22. M., B.	17,3	17,0	16,8		16,4	17,3	16,7		17,2	24,2			16,8	23,9	24,2	24,4
23. O., A.	15,4	15,3	14,7		14,7	15,7	15,1		14,6	22,7			14,5	23,7	23,6	22,7
24. P., R.	16,1	16,6			15,3	16,7	15,7		14,9	16,9			14,9	20,0	16,9	
25. R., K.																
26. S., R.	15,7	16,0			15,6	15,7	16,3		15,6	22,8			15,6	25,0	22,8	
27. S., G.	14,6	14,7			14,1	15,0	14,6		14,0	22,7			14,0	24,1	22,7	
28. S., S.	16,6	15,5			14,6	17,0	16,1		15,3	15,1			15,3	17,0	15,1	
29. S., M.	14,8	14,9	14,9		14,2	15,2	15,0		15,0	23,6			15,0	22,4	23,6	21,8
30. S., A.		15,6			14,9	15,8	15,6		15,4	23,6			15,4	20,5	23,6	
31. S., C.	17,2	16,2	16,7		16,0	17,4	16,2		17,0	25,0			16,5	24,9	25,0	25,8
32. S., B.	15,7	14,5			14,4	15,2	14,3		14,6	22,1			14,6	21,9	22,1	
33. T., K.	14,7	14,3			14,0	14,3	14,3		14,1	20,7			14,1	21,3	20,7	
34. U., S.	14,9	13,8	14,2		14,2	14,3	13,9		14,0	21,1			14,0	20,8	21,1	
35. V., R.	14,2	13,2			13,7	13,9	13,2		13,7	16,5			13,7	16,3	16,5	
36. W., P.	16,6	15,5			15,4	15,8	15,5		15,4				15,4			





Name	Platzbedarf		Platzangebot		Platzangebot		Platzangebot		Platzangebot		Platzangebot		Platzangebot	
	UK T3	UK T4	UK Front re T1	UK Front re T2	UK Front re T3	UK Front re T4	UK Front li T1	UK Front li T2	UK Front li T3	UK Front li T4	UK Front ii T1	UK Front ii T2	UK Front ii T3	UK Front ii T4
1. B., P.		58,7	11,2	10,9			11,0	11,2			10,6			18,7
2. B., M.	59,6	61,3	11,1	11,0	10,9		10,9	10,8	10,7		10,5			23,7
3. B., R.		69,2	12,7	13,1			12,7	12,7			12,3			
4. C., Y.		62,2	10,5	10,9			11,0	11,2			10,0			22,4
5. E., E.	64,4	63,8	10,9	10,8	11,0		10,9	11,2	11,2		10,7			23,1
6. F., T.	62,0	62,3	11,1	10,7	10,8		10,7	10,5	10,6		10,4			19,4
7. F., H.	63,4	64,9	11,1	10,7	10,9		11,1	11,0	11,1		10,9			20,4
8. G., M.	63,0	60,9	12,0	11,4	11,7		12,2	11,4	11,4		10,5			22,6
9. H., D.	67,0	65,7	12,4	11,7	12,0		11,6	10,6	11,5		10,5			
10. H., R.		66,5	12,1	11,8			12,0	12,1			12,0			26,9
11. J., N.	64,4	65,0		10,4	11,9		11,4	10,7	11,1		11,0			
12. J., M.	61,5	62,3	11,3	11,1	11,2		11,2	11,2	11,1		11,0			23,0
13. J., M.	67,2	64,6	11,8	11,3	11,5		11,2	11,3	11,6		11,4			24,2
14. J., S.		63,4	11,0	11,0			11,2	11,0	11,2		11,2			23,5
15. K., D.	65,8	64,2	12,1	11,9	11,9		11,6	11,2	11,5		11,0			
16. K., M.		64,1	11,4	11,3			11,6	11,9	11,9		11,9			20,6
17. K., A.	64,5	63,7	12,1	12,0	11,6		11,4	12,2	12,0		11,8			19,3
18. M., L.	59,3	58,5	9,8	11,0	10,5		10,4	11,0	10,5		10,5			21,8
19. M., G.	65,4	65,7		11,0	11,2		11,3	10,3	11,0		11,1			43,5
20. M., C.		57,7	9,9	10,4			10,2	9,9	9,9		10,2			19,7
21. M., T.	64,8	64,0	12,5	12,3	11,3		11,1	12,0	12,2		11,4			
22. M., B.	63,5	65,8	12,2	11,4	10,3		10,9	12,5	12,5		11,3			23,5
23. O., A.	65,0	65,0	11,4	11,2	11,1		10,9	11,3	11,0		10,8			24,8
24. P., R.		65,0	11,0	10,9			10,5	10,9	10,9		9,9			20,9
25. R., K.	58,1	56,1		11,0	10,9		10,4	10,9	10,7		10,7			21,7
26. S., R.		62,3	11,7	12,0			11,3	11,9	11,9		11,1			24,5
27. S., G.		64,2	11,5	11,5			10,0	11,5	11,5		11,0			24,0
28. S., S.		67,8	11,6	11,7			11,5	11,4			12,0			21,5
29. S., M.	55,7	55,9	11,2	10,4	10,1		10,1	11,4	10,7		10,1			23,0
30. S., A.		62,4	11,6	11,2			11,1	11,6	11,5		11,3			22,8
31. S., C.	69,1	69,8	12,7	12,2	12,3		12,1	12,1	12,1		11,9			25,0
32. S., B.		63,1	11,8	12,0			11,1	12,0	12,0		11,5			21,3
33. T., K.		56,8	11,1	10,9			10,7	10,8	10,3		9,9			20,8
34. U., S.		54,9	10,6	10,2			10,5	10,5	10,3		10,1			20,2
35. V., R.		60,3	11,0	10,8			10,5	10,9	10,8		10,4			19,8
36. W., P.		68,0	12,1	12,3			11,9	11,7	11,7		11,5			17,4



Name	Platzbilanz UK		Platzbilanz UK		Platzbilanz UK		Platzbilanz UK		UK 3-3		UK 3-3		OK 4-4		OK 4-4		OK 4-4		OK 4-4	
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	IST	T1	SOLL	T2	SOLL	T3	SOLL	T4
1. B., P.	-0,7	1,5		-0,8	24,0	23,9		22,6	31,9	33,7		32,1		31,5	32,4					32,8
2. B., M.	6,3	3,5	1,5	-2,1	24,5	24,7	24,4	22,6	35,2	34,4	35,3	34,6		32,8	32,0					33,1
3. B., R.		-0,5		-3,8		32,1		31,2		41,3		39,7		40,4	40,4					40,0
4. C., Y.	1,8	0,4		-2,4	25,8	26,6		24,8	35,2	36,1		36,5		34,3	33,5					34,0
5. E., E.	1,3	-8,0	-10,3	-15,6		25,4	24,7	24,4	34,8		36,5	33,6		34,6	34,9					33,5
6. F., T.	3,1	2,4	2,5	-1,1			23,8	24,5	31,5	32,1	34,2	34,7		34,1	31,3					32,4
7. F., H.	-1,9	-9,2	-13,3	-15,5	23,7	25,5	26,0	24,3	35,7					34,4	34,3					35,1
8. G., M.	5,3	3,2	3,3	1,0	30,9	28,8	27,9	25,7	40,4	38,8	38,7	38,1		36,3	36,7					36,7
9. H., D.		-5,8				26,6	25,6	23,8	32,5	31,5	36,8	34,2		39,0	38,1					37,5
10. H., R.	9,2	7,9		1,2	31,3	27,8		26,2		38,0		34,3		37,0	36,7					38,5
11. J., N.		-6,5	-9,6	-16,3	27,2		25,6	25,5	32,6	31,7	36,7	37,6			32,7					33,3
12. J., M.	6,1	0,0	4,0	0,0	27,2		27,8	26,9	39,4	39,7	8,8	38,7		32,8	33,8					35,4
13. J., M.	4,1	2,5	-0,3	1,2	25,8	27,0	26,9	24,7		37,3	38,6	36,6		36,9	37,1					38,5
14. J., S.	2,2	1,1		-3,3	26,2	25,4		24,3	35,4	35,5		36,2		37,7	36,7					35,7
15. K., D.		3,2	2,2	-2,0		26,3	27,9	25,1		35,1	35,7	36,6		38,7	38,4					38,7
16. K., M.	-0,7	-2,7		-4,9	27,3	28,7		27,8	32,6	35,5		33,8		35,6	35,3					34,5
17. K., A.	1,2	0,5	-0,2	-2,3	28,1	29,0	28,4	28,0	37,0	40,2	38,8	39,5		36,1	36,1					36,4
18. M., L.	-1,5	1,6	1,6	1,0	24,9	24,7	24,9	23,8	32,1	38,0	38,4	37,6		33,5	34,3					35,0
19. M., G.		-4,3	-12,5				23,3	23,4						36,4	35,9					36,2
20. M., C.	-0,7	1,4		-0,2	22,7	22,7		21,6	32,5	32,8				33,2	32,9					33,7
21. M., T.			1,8	0,0	28,1	28,2	26,5	26,2	36,9	39,2	39,7	39,0		37,8	38,0					37,7
22. M., B.	4,5	6,5	3,2	0,8	31,1	28,8	28,1	27,6		37,4	37,1	35,5		40,4	38,4					39,5
23. O., A.	6,5	7,1	-12,2	-3,8	30,2	28,4	26,5	26,4	35,7	36,4	38,1	36,9		33,5	33,7					34,1
24. P., R.	-1,1	-4,4		-18,5	24,9	25,2		23,3						37,4	35,2					35,6
25. R., K.		10,8	3,9	-13,5		26,6	24,6	22,2	35,5	35,1	28,2	28,0		33,5	33,1					
26. S., R.	4,4	0,3		1,4	30,9	28,8		24,8						38,7	36,9					37,0
27. S., G.	8,1			-1,5	26,3	26,7		23,1	37,9	36,4		32,7		35,0	35,2					34,8
28. S., S.	1,9	-14,8		-16,5	27,0	26,1		22,6	31,7			31,4		38,3	37,7					38,8
29. S., M.			3,6	0,8		25,9	25,6	23,6		39,0	38,8	36,7		32,2	32,4					35,4
30. S., A.	1,8	7,9		-1,3		25,7		25,8	38,8	40,0		40,9		35,7	35,3					36,2
31. S., C.	2,1	1,5	2,2	-0,4	29,0	30,2	29,6	27,0		41,6	41,0	39,5		39,9	38,6					39,7
32. S., B.	-3,7	2,2		0,0		25,2		21,9		33,6		32,8		34,4	34,0					34,2
33. T., K.	1,6	3,3			24,6	23,4		21,8	35,1	29,9		32,0		33,5	32,2					33,1
34. U., S.	2,2	3,4		3,3	26,0	25,0		23,8	33,9	35,5		34,9		32,8	31,6					32,1
35. V., R.	-1,7				25,2	24,9		23,6	34,0	36,0		36,6		31,5	30,0					31,6
36. W., P.	-10,6	-12,9		-18,9		26,4		26,7						38,0	36,9					37,4





Name	UK LU									
	IST	LU	IST	LU	SOLL	T1	SOLL	T2	SOLL	T3
1. B., P.			13,6		13,7		14,1		14,3	
2. B., M.	12,7		11,8		14,3		13,9		14,3	
3. B., R.					17,5		17,5		17,3	
4. C., Y.			12,8		14,9		14,6		14,8	
5. E., E.					15,0		15,1		15,0	
6. F., T.					14,8		13,7		13,9	
7. F., H.					15,0		14,9		15,1	
8. G., M.	12,9		11,1		15,8		15,9		16,3	
9. H., D.	18,3				16,9		16,5		16,8	
10. H., R.			16,9		16,0		15,9		16,7	
11. J., N.					14,2		14,6		14,5	
12. J., M.	14,4		12,9		14,3		14,7		15,5	
13. J., M.	15,8		16,3		16,0		16,1		16,5	
14. J., S.			13,1		16,3		15,9		15,5	
15. K., D.	15,1		13,4		16,8		16,6		16,7	
16. K., M.					15,5		15,3		15,0	
17. K., A.	12,6		11,5		15,7		15,7		15,5	
18. M., L.	12,4		12,5		14,6		14,9		14,9	
19. M., G.					15,8		15,6		15,9	
20. M., C.			11,8		14,4		14,3		14,7	
21. M., T.	14,7		13,1		16,4		16,5		16,5	
22. M., B.	16,1		15,8		17,5		16,6		16,9	
23. O., A.			11,1		14,6		14,7		14,8	
24. P., R.					16,2		15,3		15,4	
25. R., K.	15,1		15,8		14,6		14,4		14,7	
26. S., R.			16,7		16,7		16,0		16,0	
27. S., G.			14,5		15,2		15,3		15,1	
28. S., S.					16,6		16,4		16,8	
29. S., M.	13,0		13,1		14,0		14,1		14,8	
30. S., A.			11,6		15,5		15,3		15,7	
31. S., C.	15,7		14,1		17,3		16,7		17,1	
32. S., B.			12,5		15,0		14,8		14,9	
33. T., K.			13,1		14,6		14,0		14,4	
34. U., S.			12,1		14,3		13,8		14,0	
35. V., R.			13,2		13,7		13,1		13,8	
36. W., P.					16,4		16,0		16,2	

## 7.4 Friedman Test

Friedman Test T1, T2, T4	
Variable	p-Wert
Overjet	< 0,001
Overbite	0,010
Zahnbogenlänge im UK	0,009
Zahnbogenlänge im OK	0,027
Intereckzahnbreite im UK	< 0,001
anteriore Zahnbogenbreite im UK	0,032
posteriore Zahnbogenbreite im UK	0,299
anteriore Zahnbogenbreite im OK	0,157
posteriore Zahnbogenbreite im OK	0,093
Platzangebot im UK Frontsegment	< 0,001
Platzangebot im OK Frontsegment	< 0,001
PAR Index	< 0,001

## 7.5 Datentabelle Dahlberg-Fehler

Messung	Dahlberg-Fehler [mm]
Zahnbreite 16	0,14
Zahnbreite 15	0,10
Zahnbreite 14	0,16
Zahnbreite 13	0,13
Zahnbreite 12	0,17
Zahnbreite 11	0,18
Zahnbreite 21	0,13
Zahnbreite 22	0,15
Zahnbreite 23	0,15
Zahnbreite 24	0,15
Zahnbreite 25	0,13
Zahnbreite 26	0,17
Zahnbreite 36	0,13
Zahnbreite 35	0,10
Zahnbreite 34	0,13
Zahnbreite 33	0,15
Zahnbreite 32	0,13
Zahnbreite 31	0,13
Zahnbreite 41	0,14
Zahnbreite 42	0,13
Zahnbreite 43	0,13
Zahnbreite 44	0,15
Zahnbreite 45	0,13
Zahnbreite 46	0,13
Overbite	0,21
Overjet	0,20

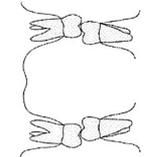
Messung	Dahlberg-Fehler [mm]
Platzangebot OK Front	0,29
Platzangebot OK Stützzone re.	0,21
Platzangebot OK Stützzone li.	0,36
Platzangebot UK Front	0,24
Platzangebot UK Stützzone re.	0,18
Platzangebot UK Stützzone li.	0,17
OK 6-6	0,18
OK L <sub>o</sub>	0,24
UK 3-3	0,24
UK 4-4	0,16
UK 6-6	0,21
UK L <sub>u</sub>	0,19

## 7.6 PAR Index Analyseblatt

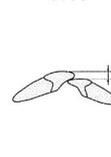
### PAR INDEX



**CONTACT Pt**  
0 —  
1 —  
2 —  
3 —  
4 —  
5 Impacted tooth



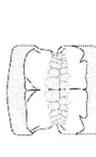
**ANT-POST**  
0 None  
1 < 1/2 unit dis  
2 = 1/2 unit dis  
**TRANSVERSE**  
0 None  
1 20th tooth > = 11  
2 10th tooth > = 11  
3 > 1 tooth in ab  
4 > 1 tooth in ab  
**VERTICAL**  
0 None  
1 openb > 2mm



**OVERJET**  
0 1 2 3 4  
1 2 3 4  
2 3 4  
0



**OVERBITE**  
0 1 2 3 4  
1 1/2 - 2/3  
2 > 2/3  
3 > 2/3  
4 > = FIC



**CENTRELINE**  
0 < = 1/4  
1 1/4 - 1/2  
2 > 1/2

Messungen	PAR-Wert	C: Behandlungsende (post-treatment)
<b>A: Behandlungsbeginn</b> (pre-treatment)		
<b>Oberes FZ-Segment</b> (Kontaktpunktverschiebung):		
3-2 2-1 1-1 1-2 2-3		
<b>Unteres FZ-Segment</b> (Kontaktpunktverschiebung):		
3-2 2-1 1-1 1-2 2-3		
<b>Bukkale Verzahnung rechts:</b>		
Ant/Post Transv Vert		
<b>Bukkale Verzahnung links:</b>		
Ant/Post Transv Vert		
<b>Overjet oder frontaler Kreuzbiss</b> (Zutreffendes unterstreichen!):	<b>x 6</b>	
_____		
<b>Overbite:</b>	<b>x 2</b>	
_____		
<b>MLV:</b>	<b>x 4</b>	
_____		
<b>SUMME PAR INDEX A:</b>		

Messungen	PAR-Wert	C: Behandlungsende (post-treatment)
<b>A: Behandlungsbeginn</b> (pre-treatment)		
<b>Oberes FZ-Segment</b> (Kontaktpunktverschiebung):		
3-2 2-1 1-1 1-2 2-3		
<b>Unteres FZ-Segment</b> (Kontaktpunktverschiebung):		
3-2 2-1 1-1 1-2 2-3		
<b>Bukkale Verzahnung rechts:</b>		
Ant/Post Transv Vert		
<b>Bukkale Verzahnung links:</b>		
Ant/Post Transv Vert		
<b>Overjet oder frontaler Kreuzbiss</b> (Zutreffendes unterstreichen!):	<b>x 6</b>	
_____		
<b>Overbite:</b>	<b>x 2</b>	
_____		
<b>MLV:</b>	<b>x 4</b>	
_____		
<b>SUMME PAR INDEX C:</b>		

Differenz A-C in Punkten =  in Prozent =

Klassifizierung der Veränderung:

**Literatur:**

- RICHMOND S, SHAW WC:  
The development of the PAR Index (Peer Assessment Rating): reliability and validity. Eur J Orthod 1992; 14: 125-139
- RICHMOND S, SHAW WC:  
The PAR Index (Peer Assessment Rating): methods to determine the outcome of orthodontic treatment in terms of improvements and standards. Eur J Orthod 1992; 14: 180-187

Reduktion um mind. 22 Pkte: Greatly improved  
Reduktion um mind. 30%: Improved  
In allen anderen Fällen: Worse or no different

## 8 LEBENS LAUF

### Persönliche Daten

Name:	Ochlich (geb. Karoglan)
Vorname:	Anita
Geburtsdatum:	21.01.1974
Geburtsort:	Split (Kroatien)
Familienstand:	verheiratet
Eltern:	Dr. Mirko Karoglan (Zahnarzt) Marija Karoglan (Hausfrau)
Geschwister:	Mislav Karoglan (Arzt) Ante Karoglan (Schüler)
Staatsangehörigkeit:	deutsch

### Ausbildung

1980-1984	Grundschule Dörfles-Esbach / Oberfranken
1984-1993	Gymnasium Ernestinum Coburg / Oberfranken
11/93-3/95	Studium der Anglistik und Hispanistik an der LMU München
5/95-7/00	Studium der Zahnmedizin an der LMU München (parallel dazu Fortsetzung des begonnen Sprachenstudiums)

### Stipendien

- Stipendium nach dem Bayerischen Begabtenförderungsgesetz (1993-2000)
- Stipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes (1994-2000)

**Beruflicher Werdegang**

September 1998:	Famulatur LA County Hospital, Los Angeles, USA
10/00-09/01:	Allgemeinzahnärztliches Jahr bei Dr. Mirko Karoglan, Dörfles-Esbach
10/01-09/02:	Weiterbildung zur Kieferorthopädin an der Poliklinik für Kieferorthopädie in München (Klinikjahr)
10/02-09/04:	Weiterbildungsassistentin (Kieferorthopädie) bei Dr. Karin Habersack (Weilheim)
17.12.2004:	Prüfung zur Fachzahnärztin für Kieferorthopädie

**Wissenschaftliche Publikationen**

DGKFO 2000:	Vortrag als Erstreferentin A. Karoglan, R. Noachtar, I. Reiter, I. Rudzki- Janson „Langzeitergebnisse 20 Jahre nach Bionator- Behandlung – Modellanalyse“
EOS 2001:	Vortrag als Erstreferentin A. Karoglan, R. Noachtar, I. Rudzki-Janson „Long-term success of bionator therapy assessed by model analysis and the Peer Assessment Rating Index“
DGKFO 2002:	Vortrag als Erstreferentin A. Ochlich, R. Noachtar, I. Rudzki-Janson „Langzeiteffektivität von Frühbehandlungen bei Angle Klasse II: 20 Jahre nach Bionator Behandlung“
DGKFO 2003:	Wissenschaftliches Poster K. Habersack, A. Ochlich „Stützzonenprognose im Unterkiefer – Treffericherheit von 6 Analysen im Vergleich“

## 9 DANKSAGUNG

An erster Stelle möchte ich Frau Prof. Rudzki-Janson für die freundliche Überlassung des Themas danken.

Weiterhin gilt mein besonderer Dank Frau Dr. Regine Noachtar, die nicht nur Initiatorin und Leiterin der Langzeitstudie war, sondern die mir im Laufe des Erstellens der vorliegenden Arbeit immer mit Rat und Tat zur Seite stand. Ihre sympathische und humorvolle Unterstützung hat mir über so manch einen Stolperstein hinweggeholfen.

Dr. Hamm möchte ich danken für die vielen aufschlussreichen Gespräche über Statistik im Allgemeinen und Besonderen.

Mein besonderer Dank gilt all meinen zahlreichen Freundinnen und Freunden, ohne die es oftmals schwer gewesen wäre, neue Antriebskraft zu finden.

Zu guter letzt danke ich meiner Familie, vor allem meinen Eltern und Brüdern für die viele Geduld, die sowohl moralische als auch zum Teil tatkräftige Unterstützung in Computerfragen und dafür, dass sie mich stets zu motivieren wussten.

Puno Vam hvala!