

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie der
Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten,
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktorin: Univ.-Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson

**Langzeituntersuchung von funktionskieferorthopädisch behandelten
Patienten mit Bionator nach Balters, modifiziert nach Ascher, 20 Jahre nach
Behandlungsende**

Das Restwachstum

Dissertation

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

vorgelegt von

Ionelia Reiter

aus Alunis/Rumänien

2004

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
Der Ludwig-Maximilians-Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. I. Rudzki-Janson
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. Chr. Benz
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. Klaus Peter Maag
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h. c. K. Peter
Tag der mündlichen Prüfung:	27.07.2004

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. Einleitung	
1.1 Allgemeine Einführung	1 - 3
1.2 Spezielle Einführung	3
II. Literaturübersicht	4 - 10
III. Fragestellung	11
IV. Material und Methoden	
4.1. Patientengut	12 - 16
4.2. Methoden	
4.2.1. Kephalemtrische Untersuchung	17
4.2.2. Röntgenmethode	17
4.2.3. Technische Daten zur Herstellung der Fernröntgenaufnahme des Kopfes	18
4.2.4. Kephalemtrie:	
4.2.4.1. Durchzeichnung	18 - 20
4.2.4.2. Röntgenbildeingabe und Auswertungssystem	20
4.2.5. Skelettale Referenzpunkte, -linien, Winkel und Strecken der Münchner Analyse	21
4.2.5.1. Skelettale Referenzpunkte	22 - 24
4.2.5.2. Dentale Referenzpunkte	24 - 25
4.2.5.3. Skelettale Referenzlinien	25 - 28
4.2.5.4. Dentobasale Referenzlinien	27
4.2.5.5. Dentale Hilfslinien	28
4.2.5.6. Anguläre Messungen in Grad	28 - 29
4.2.5.7. Lineare Messungen in Millimeter	30
4.2.5.8. Dentale Messungen	30 - 31
4.2.6. Messfehler bei Fernröntgenseitenbildanalyse:	

4.2.6.1. Systematische Fehler	32
4.2.6.2. Zufällige Fehler	33 - 34
4.2.7. Statistische Methoden	
4.2.7.1. Messgrößen	35
4.2.7.2. Statistische Methoden	35 - 36
4.2.7.3. Prüfung auf Normalverteilung	36
4.2.7.4. Fehleranalyse/Messfehler	
4.2.7.4.1. Vergleich Computer/Handmessung	37
4.2.7.4.2. Bewertung durch zwei Rater	37 - 38
4.2.7.4.3. Messwiederholung	38
4.2.7.4.4. Zweimalige Durchzeichnung	39
4.2.7.5. Prüfung der Alters- bzw. Geschlechtsabhängigkeit	39 - 41
V. Ergebnisse	
5.1. Ergebnisse der Fragestellung 1	42 - 44
5.2. Ergebnisse der Fragestellung 2	44 - 46
5.3. Ergebnisse der Fragestellung 3	47
5.4. Ergebnisse der Fragestellung 4	48 - 50
VI. Diskussion	
6.1. Allgemein	51 - 54
6.2. Skelettale Veränderungen	55 - 66
6.3. Dentale Veränderungen	61 - 64
VII. Klinische Schlussfolgerungen	65 - 67
VIII. Zusammenfassung	68 - 69
IX. Literaturverzeichnis	70 - 78

X. Anhang - Statistische Tabellen

10.1.	Vergleich Computer-/Handmessung	79
10.2.	Bewertung durch zwei Rater	80
10.3.	Messwiederholung	81
10.4.	Zweimalige Durchzeichnung	82
10.5.	Prüfung der kephalometrischen Messwerte - KS-Anpassungstest	83
10.6.	Prüfung der Differenzen der kephalometrischen Messwerte - KS	84
10.7.	Prüfung geschlechtsspezifischer Altersunterschiede	85
10.8.	Prüfung auf Gleichverteilung - Geschlecht * Vertikal-Index	86
10.9.	Prüfung auf Gleichverteilung - Geschlecht * Typ	86
10.10.	Test der Differenzen kephalometrischer Messungen - global	87
10.11.	Test der Differenzen kephalometrischer Messungen - männlich	88
10.12.	Test der Differenzen kephalometrischer Messungen - weiblich	89
10.13.	Geschlechtsspezifischer Unterschied bezüglich der Veränderungen kephalometrischer Messwerte T2-T1	90 – 91
10.14.	Test der kephalometrischen Veränderungen T1 - T2 gruppiert nach der Relation Mittelgesicht zu Untergesicht (V-Index)	92 - 93
10.15.	Test der kephalometrischen Veränderungen bzgl. der Relation Mittelgesicht zu Untergesicht (V-Index)	94 – 95
10.16.	Test der kephalometrischen Veränderungen bzgl. der Inklination der Kieferbasen zueinander (V-ML)	96 - 99
10.17.	Test der kephalometrischen Veränderungen bzgl. der Differenzen gruppiert nach der Inklination der Kieferbasen (V-ML)	100 – 101
11.	Danksagung	102
12.	Lebenslauf	103

EINLEITUNG

1.1. Allgemeine Einführung

Die Funktionskieferorthopädie ist ein Teilbereich der Kieferorthopädie, der während der Wachstumsphase des Gesichtsschädels angewendet wird. Der Bionator ist ein Funktionskieferorthopädisches Gerät, das eingesetzt wird bei Kindern und Jugendlichen, die eine Rücklage des Unterkiefers aufweisen. Der Bionator wird individuell angefertigt, so dass der Unterkiefer beim Tragen des Gerätes in einer vom Behandler vorgegebenen idealen Position zum Oberkiefer steht. Die dabei erzeugte muskuläre Spannung soll ein Ausgleichswachstum des Unterkiefers anregen.

Die Möglichkeiten, Einfluss auf das Wachstum zu nehmen, werden in der Literatur unterschiedlich beurteilt. Einige Autoren führen die Erfolge einer funktionskieferorthopädischen Behandlung zu einem großen Teil auf eine Wachstumsstimulation des Unterkiefers bzw. Wachstumshemmung des Oberkiefers zurück. Andere Autoren bezweifeln eine Wirkung auf das Ausmaß des Wachstums und halten lediglich die Richtung des Wachstums für kieferorthopädisch beeinflussbar. Weitere Untersucher¹³⁵ glauben, dass die genetisch determinierten Wachstumsmuster nicht wesentlich beeinflusst werden können.

Tierstudien von McNamara¹⁰² und Petrovic¹⁰⁹ belegen, dass funktionskieferorthopädische Geräte sowohl die skelettalen, als auch die dento-alveolären Anteile der Morphologie der Mandibula beeinflussen können. Sie konnten an Versuchstieren während der aktiven Wachstumsphase unter kontrollierten Laborbedingungen maximal 5 % bis 15% Zunahme der mandibulären Länge nachweisen.

Johnston⁸⁵ folgerte aus einer Reihe experimenteller Studien, dass das kondyläre Wachstum sowohl durch Druck-, als auch Zugkräfte verändert werden kann. Das Ausmaß des kondylären Wachstums ist nach Broderick³³ eher das Ergebnis der veränderten kondylären Position, als das der veränderten muskulären Funktion.

Ob die Ergebnisse von Tierversuchen auf die klinische Routinebehandlung an Patienten übertragbar sind, ist jedoch offen. Unterschiede zwischen Untersuchungen an Tieren und Menschen sind zu erwarten, da bei Tierversuchen üblicherweise ununterbrochene Kräfte zur Wirkung gelangen, während die Funktionskieferorthopädischen Geräte in der klinischen Situation ihre Kräfte nicht ununterbrochen zum Einsatz bringen können. Infolgedessen kann erwartet werden, daß die Ergebnisse in der klinischen Anwendung weniger deutlich und mit größerer Varianz eintreten. Darüber hinaus sollten die anatomischen Unterschiede zwischen Mensch und Tier berücksichtigt werden⁶¹.

Ödegaard¹⁰⁷ kam zu dem Schluss, dass die Behandlung wahrscheinlich zu einer Veränderung in der Position der Mandibula und nicht zu einer Veränderung der Morphologie der Mandibula führt.

Es ist nach wie vor umstritten, ob und in welchem Ausmaß die Funktionskieferorthopädischen Geräte eine skelettale Wirkung haben, oder ob es lediglich zu einer dento-alveolären Anpassung kommt.

Laut Creekmore³⁷ sind die entscheidenden behandlungsbedingten Veränderungen mit dem Funktionsregler nach Fränkel skelletaler Natur.

Es wird jedoch angenommen, dass Korrekturen von Klasse II Distalbissen im Allgemeinen durch eine Kombination aus dentalen und alveolären Veränderungen erreicht werden können³⁵.

Untersuchungen von Prof. Rudzki-Janson haben gezeigt, dass bei Bionatorbehandlung nur im dento-alveolären Bereich, nicht aber im skelettalen Bereich, signifikante Veränderungen erkennbar sind. Nach Prof. Rudzki-Janson ist der Bionator jedoch auch nur bei jenen Patienten indiziert, die zwar eine skelettale Dysharmonie aufweisen, aber über ein gutes Wachstumspotential und eine günstige Wachstumsrichtung verfügen.

Für die Kieferorthopädie wäre es wichtig zu wissen, ob diese Beobachtung auch über einen langen Zeitraum nach der Retention Bestand hat, oder ob trotz einer guten initialen Prognose langfristig Rezidive auftreten.

Bishara¹⁹ wies darauf hin, dass der Nachweis der Langzeitstabilität des Behandlungserfolges von Funktionskieferorthopädischen Geräte noch ausstehe.

Frau Prof. Rudzki-Janson⁸⁰ untersuchte eine Patientengruppe, die mit einem Bionator behandelt wurde, direkt nach der Behandlung und 5 Jahre nach Behandlungsende. Wir haben Patienten aus

dieser Gruppe 12-18 Jahre nach Wachstumsende erneut untersucht, um festzustellen, welche morphologischen Veränderungen sich nach Abschluss der Bionator-Behandlung bzw. nach dem Ende des Wachstumsphase einstellen.

1.2. Spezielle Einführung

Seit Einführung der Kephaldometrie sind zahlreiche Untersuchungen über die Auswirkungen kieferorthopädischer Behandlungen der Klasse II/1-Malokklusion („Distalbiss mit protudierten Front“) mit verschiedenen herausnehmbare (funktionskieferorthopädischen) und festsitzenden Apparaturen durchgeführt worden. Gute Behandlungsergebnisse setzen ein entsprechendes Wachstumspotential und eine günstige Wachstumsrichtung voraus.

Aus einem Kollektiv der Praxis von Frau Professor Rudzki-Janson wurden mit dem Bionator behandelte Patienten ausgewählt und 12 bis 18 Jahre nach Wachstumsende in der Poliklinik für Kieferorthopädie München nachuntersucht.

Anhand der vorliegenden Untersuchung sollen helfen ein Patientenkontext zu definieren, welches von der Funktionskieferorthopädischen Behandlung langfristig profitiert.

Die Anzahl der anatomischen Messvariablen ist Ausdruck für das Spektrum der individuellen Vielfalt. Jedes Individuum entspricht einem bestimmten kranio-facialen Typ mit einem mehr oder weniger ausgeprägten Charakter.

Aufgrund der oben beschriebenen Vielfalt der Variablen führt eine ausschließlich auf statistischen Analysen beruhende Aussage anhand der hier vorliegenden Daten nicht zu klinisch fassbaren Ergebnissen. Die kontinuierliche Analyse der laufenden Behandlungsergebnisse ist von entscheidender Bedeutung.

LITERATURÜBERSICHT

Meredith¹⁰¹ definiert Wachstum als „die gesamte Serie anatomischer und physiologischer Veränderungen, die zwischen dem Beginn des pränatalen Lebens und Abschluss des Seniums“ abläuft.

Das frühe Wachstum während Kindheit und Jugend ist beeindruckend. Die Veränderungen des frühen Wachstums sind bekannt und gut dokumentiert. Das spätere Wachstum in der adulten Phase ist wesentlich weniger offensichtlich und bisher Gegenstand nur weniger Studien.

Inbesondere fehlen Langzeitstudien bezüglich der dentalen und der skelettalen Veränderungen bei Erwachsenen.

Demzufolge besteht ein Bedarf an Langzeitstudien, um die Veränderungen der kephalometrischen dento-facialen Parameter, der Zahnbogendimensionen und der Diskrepanz zwischen Zahngröße und Zahnbogenlänge in der Erwachsenenphase zu dokumentieren.

Mit zunehmender Anzahl Erwachsener, welche ästhetische und funktionelle Verbesserung ihrer Zähne und Gesichtsstrukturen durch kieferorthopädische Behandlung, manchmal kombiniert mit orthognather Chirurgie, nachfragen, gewinnt das Verständnis für normale Veränderungen, die im kranio-facialen Komplex mit zunehmendem Alter eintreten, mehr und mehr an Bedeutung.

Durch die wachsende Popularität von endostealen Implantaten zur Behandlung von Patienten mit schlechtem Zahnstatus gewinnt das Verständnis der kranio-facialen Veränderungen bei dem angenommenen „nicht wachsenden“ Adulten an fundamentaler Bedeutung, da die Implantation typischerweise erst nach Abschluss des Wachstums empfohlen wird.

Der Großteil der früheren kephalometrischen Forschungen bezüglich des normalen kranio-facialen Wachstums bezog sich auf die frühe postnatale Phase^{18, 32, 34, 110, 116}, die Adoleszenz und die späte zweite Lebensdekade.

Neben der größeren Verfügbarkeit vollständiger kieferorthopädischer Dokumentation von Adoleszenten hat die allgemeine Annahme bezüglich des Wachstumsendes am Ende der ersten oder am Anfang der zweiten Dekade die Wissenschaftler dazu veranlasst, sich überwiegend auf diese jüngere Patientengruppe zu konzentrieren.

Bis heute wurde relativ wenig Anstrengung darauf verwendet, das kranio-faciale Wachstum des Adulten zu analysieren.

Einer der ersten Versuche, das kranio-faciale Wachstum in der frühen Erwachsenenphase zu untersuchen, war eine Querschnittsstudie von Björk²¹. Er verwendete kephalometrische Röntgenaufnahmen, um die Profile von 12 jährigen Jungen mit einer gleichen Anzahl von Profilen männlicher Erwachsener zu vergleichen.

In einer nachfolgenden Untersuchung²² wurde die oben genannten 12 jährigen Jungen im Alter von 20 Jahre nachuntersucht und ihre kephalometrischen Röntgenaufnahme mit denen im Alter von 12 Jahre verglichen.

Björk^{24,26} verfeinerte seine Technik zum Studium longitudinaler kephalometrischer Veränderungen, indem er Metallimplantate in die knöchernen Strukturen Freiwilliger zur präziseren Überlagerung der Röntgenaufnahme einsetzte. Er benutzte die Überlagerung der Implantate für eine Untersuchung der Wachstumsvorgänge der Mandibula.

Björks Untersuchungen zeigen, dass sich das Wachstum über das zweiundzwanzigste Lebensjahr hinaus fortsetzt. Wachstum über dieses Lebensalter hinaus wurde typischerweise von den meisten Klinikern als nicht relevant angesehen.

Kendrick und Risinger⁸⁹ untersuchten 71 Personen anhand von jährlichen kephalometrischen Röntgenaufnahmen vom zweiundzwanzigsten bis zum vierunddreißigsten Lebensjahr. Sie fanden, dass alle gemessenen Schäeldimensionen (z.B. antero-posterior kraniale Tiefe; obere, mittlere und untere faciale Höhe) eine signifikante Zunahme zeigten.

Nach dem zweiundzwanzigsten Lebensjahr wurde insbesondere in der Kinnregion (untere faciale Tiefe) eine signifikante Vorverlagerung gefunden.

Sarnäs und Solow¹²² untersuchten ebenfalls kranio-faciale Veränderungen bei jungen Erwachsenen anhand von 50 weiblichen und 101 männlichen Studenten. Das durchschnittliche

Alter der Probanden zum Zeitpunkt der ersten kephalometrischen Röntgenaufnahme lag bei einundzwanzig Jahren.

Fünf Jahre später wurde eine Folgeaufnahme erstellt. Die größten Veränderungen fanden sich in der vertikalen Dimension, insbesondere bezüglich der totalen anterioren fazialen Höhe. Bei beiden Geschlechtern wurde in der unteren fazialen Höhe eine stärkere Zunahme beobachtet als in der oberen fazialen Höhe.

Geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich des Ausmaßes der Veränderungen der linearen Dimensionen konnten nicht festgestellt werden.

Parallel zur Zunahme der unteren fazialen Höhe wurden eine Verlängerung der Ober- und Unterlippe, sowie eine Abnahme der Oberlippendicke bei Männern festgestellt.

1973 veröffentlichte Israel^{71, 72} zwei Studien über weiblichen Erwachsene; eine longitudinale und eine gemischt cross-sectionale und longitudinale.

Die Ergebnisse von Israels Untersuchungen zeigten eine leichte Zunahme mehrerer kranio-facialer Dimensionen, einschließlich kranialer Dicke, kranialer basaler Länge und oberer anteriorer facialer Höhe.

In der Mandibula wurde eine Längenzunahme von Kondylen zu Gnathion um 4% beobachtet. Der Abstand zwischen Kinn und Gonion zeigte eine Zunahme um 5%.

Forsberg und Odenrick⁵¹ führten eine kephalometrische Langzeitstudie durch, in der 25 Männer und 24 Frauen untersucht wurden. Das mittlere Alter betrug 24,5 Jahre bei Beginn und 34,7 Jahre am Ende der Studie.

Im Gegensatz zu der oben diskutierten Studie von Israel^{71, 72} wurden hier alle linearen Messungen bezüglich der kephalometrischen Vergrößerung korrigiert.

Forsberg und Odenrick⁵¹ konnten eine signifikante Zunahme der absoluten fazialen Höhe nachweisen. Dies führten sie auf eine geringe Zunahme der unteren fazialen Höhe (0,6 mm) zurück, da sie keine nachweisbare Zunahme der oberen fazialen Höhe fanden.

In den antero-posterioren Dimensionen der Maxilla wurde weder bei den männlichen, noch bei den weiblichen Probanden eine Veränderung beobachtet. Auch in der Mandibula wurden keine signifikanten Veränderungen gefunden. Die Nasenspitze veränderte sich nach anterior, die Ober- und Unterlippe flachten sich ab (retrudierten). Bei weiblichen Probanden zeigte das Weichteilpogonion eine Verlagerung nach posterior.

Da dimensionale Veränderung einzelner Knochen, wie Maxilla und Mandibula nicht nachgewiesen werden konnten, führten Forsberg und Odenrick die gemessenen Veränderungen auf eine posteriore Rotation der Mandibula zurück.

Die Begründung für dieses Fehlen von dimensional Veränderungen, insbesondere in der Mandibula, wird damit angegeben, dass keine Veränderung des Gonialenwinkels, sondern eine Zunahme der Inklination der Mandibula zur Sella-Nasion-Linie beobachtet wurde.

Lewis und Roche⁹⁵ unternahmen Anstrengungen herauszufinden, ob sich tatsächlich Wachstum in das Erwachsenenalter hinein fortsetzt und das Alter zu bestimmen, bei welchem bestimmte Strukturen aufhören zu wachsen. Hierfür untersuchten sie 20 ausgewählte Probanden der *Fels Longitudinal Study*. Von jedem Individuum wurde eine kephalometrische Röntgenaufnahme während der späten Adoleszenz angefertigt. Drei bis acht Aufnahmen wurden in der Folge erstellt, wobei zumindest eine dieser Aufnahmen zwischen dem vierzigsten und fünfzigsten Lebensjahr angefertigt wurde.

Lewis und Roche konzentrierten sich auf die kraniale basale Länge und auf die Länge der Mandibula. Sie fanden die maximale Länge dieser Strukturen zwischen dem neunundzwanzigsten und neununddreißigsten Lebensjahr. Diesem Maximum folgte eine sehr kleine, aber messbare Abnahme der kranialen basalen Länge und der Länge der Mandibula.

Behrents¹³ führte die detaillierteste Untersuchung über die Änderung des älter werdenden kranio-fazialen Komplexes durch.

Die Population bestand aus 113 Individuen, die als Kinder an der *Bolton Brusck Growth Study der Case Western Reserve University* involviert waren und bei denen zusätzlich Daten im Erwachsenenalter (zwischen dem siebenundzwanzigsten und dreiundachtzigsten Lebensjahr) erhoben wurden.

Untersucht wurden Veränderungen der linearen und angulären Parameter der kranio-fazialen Region mittels konventioneller kephalometrischer Analyse. In Bereich des Mittelgesichtes herrschte im allgemeinen Stabilität bezüglich der Fissura Pterigomaxillaris. Der hintere Abschnitt des Gaumens bewegte sich kontinuierlich nach unten und formte sich zugleich nach posterior aus. Der A-Punkt behielt seine anguläre Beziehung zur anterioren kranialen Basis. Dies lässt vermuten, dass sich die Maxilla wie auch das Nasion nach anterior verlagern. Die absolute Länge der Maxilla, wie auch diejenige von Corpus und Ramus der Mandibula, nehmen mit dem Alter zu. Der Gonialwinkel verkleinert sich insbesondere bei Männern.

Bei Männern verlagert sich das Kinn nach unten und nach vorne, bei Frauen nur nach unten.

Behrents¹³ beobachtete, dass auch die Weichteilgewebe des Gesichtes über die Zeit bemerkenswerten Veränderungen unterliegen.

Relativ zu den Strukturen der kranialen Basis bewegt sich die Weichteil-Glabella kontinuierlich nach vorne, die Oberlippe verlängert sich und flacht mit zunehmendem Alter ab, während die

Prominenz der Unterlippe eine relative Zunahme zeigte. Darüber hinaus verstärkt sich besonders bei Männern die Prominenz des Weichteilpogonions,

Diese Untersuchung wurde sorgfältig durchgeführt und hatte eine große Anzahl von Probanden zur Grundlage. Die Altersvarianz der Probanden mit abschließenden Untersuchungsergebnissen war jedoch sehr groß. Daher ist es schwierig zu beurteilen, ob die beobachteten morphologischen Veränderungen am Ende der zweiten Lebensdekade, mit Anfang zwanzig, oder viele Jahre später, im erwachsenen Alter stattgefunden haben.

In jüngerer Vergangenheit untersuchten zwei Studien das Ausmaß des adulten Wachstums bezüglich der skelettalen und dentalen Veränderungen.

Bishara et al²⁰ führte eine Langzeituntersuchung an unbehandelten, gesunden Individuen (15 Männer und 15 Frauen) zwischen dem fünfundzwanzigsten und sechsundvierzigsten Lebensjahr durch.

Sie berichteten, dass antero-posteriore und vertikale skelettale Dimensionen sich in beiden Geschlechtern fortwährend veränderten. Das männliche skelettale Profil neigte zu einer Vergrößerung der Konvexität, infolge zunehmender Prominenz der Maxilla, während die zunehmende Konvexität des weiblichen skelettalen Profils auf eine posteriore Rotation der Mandibula zurückzuführen ist.

Formy et al⁵⁰ analysierten die Langzeitwachstumsveränderungen an vierundzwanzig männlichen und dreiundzwanzig weiblichen Probanden im Alter von 18 bis 42 Jahren. Es wurden vier Altersgruppen gebildet: Gruppe 1: 18-19 Jahre; Gruppe 2: 20-24 Jahre; Gruppe 3: 25-29 Jahre; Gruppe 4: 30 Jahre und älter.

In der vierten Gruppe verblieben lediglich 15 männliche und 9 weibliche Probanden.

Die Autoren schlussfolgerten, dass weibliche Individuen nach dem fünfundzwanzigsten Lebensjahr größere Veränderungen bezüglich der Parameter der Weichteilstrukturen und der knöchernen Strukturen zeigten, als vor dem fünfundzwanzigsten Lebensjahr.

Bei den männlichen Probanden waren die Veränderungen der knöchernen Strukturen zumeist mit dem fünfundzwanzigsten Lebensjahr abgeschlossen, nicht jedoch die Veränderungen der Weichteilstrukturen.

Es konnte gezeigt werden, dass das männliche Profil mit zunehmendem Alter gerader wird und sich die Lippen abflachen.

Am weiblichen Profil konnten keine Veränderungen beobachtet werden.

West und McNamara¹³⁹ untersuchten in einer Langzeitstudie 56 Probanden aus der *Elementary and Secondary School Growth Study (UMGS)*.

Die Probanden waren während ihrer Kindheit und Jugend nicht in kieferorthopädischer Behandlung. Bei allen 56 Probanden wurde in der Phase der späten Adoleszenz (T1: sechzehntes bis siebzehntes Lebensjahr) eine kephalometrische Röntgenaufnahme angefertigt.

Bei 15 Probanden wurde zusätzlich eine kephalometrische Röntgenaufnahme im frühen Erwachsenenalter (T2: einunddreißigstes Lebensjahr \pm 2 Jahre) erstellt.

Bei allen 56 Probanden wurde die abschließende kephalometrische Röntgenaufnahme im mittleren Erwachsenenalter (T3: achtundvierzigstes Lebensjahr \pm 4 Jahre) durchgeführt.

Ziel der durchgeführten Studie war es, die kephalometrische Evolution der wachstumsbedingten kranio-fazialen Veränderungen und die Anpassungsvorgänge während der Adoleszenz und des mittleren Erwachsenenalters zu untersuchen.

Statistisch signifikante Wachstumsveränderungen wurden zwischen der späten Adoleszenz und dem mittleren Erwachsenenalter nachgewiesen.

Eine weitergehende Analyse einer kleinen Gruppe von kephalometrischen Röntgenaufnahmen, die im frühen Erwachsenenalter (T2: N=15) aufgenommen wurden, zeigte, dass einige der beobachteten kranio-fazialen Größenveränderungen erst in der vierten und fünften Lebensdekade auftreten.

Über beide Zeiträume (T1 nach T2 und T2 nach T3) wurde sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Probanden eine signifikante Längenzunahme der Mandibula und des Mittelgesichtes festgestellt. Darüber hinaus vergrößerte sich die posteriore und die untere anteriore faciale Höhe.

Der Ausdruck dieser Veränderungen war jedoch bei beiden Geschlechtern unterschiedlich. Die männlichen Probanden zeigten eine Rotation der Mandibula nach anterior, die weiblichen Probanden eine Rotation der Mandibula nach posterior.

Auch die Weichteilveränderungen waren bei beiden Geschlechtern unterschiedlich. Bei den Männern wuchsen Nase und Kinn nach unten und vorne, während sich die Lippen im Allgemeinen direkt nach unten verlagerten.

Bei den Frauen verlagerte sich nur die Nase nach vorne und unten. Die Lippen zeigten eine leichte Abflachung über die Zeit.

Die Zähne in Maxilla und Mandibula extrudierten sich von der späten Adoleszenz zum frühen Erwachsenenalter, aber nur die unteren Frontzähne setzten diese Veränderung vom frühen zum mittleren Erwachsenenalter fort.

FRAGESTELLUNG

Die Zielsetzung der hier vorliegenden Untersuchung liegt zum einen in der Beschreibung der Natur und des Ausmaßes der skelettalen und damit assoziierten dentalen Veränderungen nach dem Ende der aktiven Wachstumsphase bei Bionator-behandelten Patienten und zum anderen in der Identifizierung unterschiedlicher Reifungsprozesse zwischen Männern und Frauen.

Das Ausmaß des späten mandibulären Wachstums wird von dem Verhältnis zwischen vertikalem und horizontalem Wachstum bestimmt. Die Schwierigkeit liegt darin, dass die vertikale Komponente des Wachstums das horizontale Wachstum begrenzt.

Die hier untersuchten 24 Probanden wurden nach Abschluss der skelettalen Reife einer kephalometrischen Untersuchung unterzogen, um herauszufinden, unter welchen morphologischen Bedingungen das kieferorthopädische, Behandlungsergebnis stabil bleibt.

Dabei sollten folgende Fragen geklärt werden:

1. Gibt es eine Veränderung der kephalometrischen Variablen, gemessen unmittelbar nach dem Wachstumsende (T1), und 14-16 Jahre nach dem Wachstumsende (T2) bezogen auf die Gesamtgruppe aller 24 Probanden? Bleibt das durch die Bionatorbehandlung erreichte Ergebnis über den Zeitraum der Nachuntersuchung von 12 bis 18 Jahre im wesentlichen stabil?
2. Welche kephalometrischen Variablen verändern sich über den Zeitraum von T1 nach T2 bei weiblichen und männlichen Probanden?
3. Verändern sich die kephalometrischen Variablen weiblicher und männlicher Probanden unterschiedlich über den Zeitraum von T1 nach T2?
4. Hat die vertikale Schädelanatomie hinsichtlich der Relation von Mittelgesicht zu Untergesicht, ausgedrückt durch den Index (der in der Gruppen N,O,T differenziert wird), bzw. durch die Inklination der Kieferbasen zueinander (ML-NL), Einfluss auf die Entwicklung der kephalometrischen Messwerte?

MATERIAL UND METHODEN

4.1. Patientengut

Zur kephalometrischen Untersuchung wurden die Fernröntgenseitenbilder (FRS) von 24 der insgesamt 134 Patienten aus der Habilitationsarbeit von Rudzki-Janson⁸⁰ herangezogen, bei welchen vor Beginn der Behandlung eine Klasse II Malokklusion vorlag und es möglich war, 14-16 Jahre nach Wachstumsende eine weitere Aufnahme anzufertigen. Sie wurden mit einem Funktionskieferorthopädischen Gerät, dem Bionator nach Balters^{9, 10} modifiziert nach Ascher^{6, 7}, behandelt.

Die modifizierte Form dieses Gerätes weist einen die unteren Incisiven bedeckenden Acrylüberwurf auf. Des Weiteren besitzt es zwei Haltedorne, die mesial der oberen Sechsjahrmolaren angebracht sind. Der Konstruktionsbiss wird sagittal in Klasse I Relation im Molarenbereich und mit einer Sperrung von 1-2 mm im Frontzahnbereich genommen. Lippenbügel, Zungenbügel und Buccinatorschlaufen entsprechen dem Grundgerät nach Balters.

Nach ein bis zwei Jahren wurde bei diesen Patienten eine Klasse I Verzahnung im Molaren- und Eckzahnbereich mit knappem sagittalen und vertikalen Überbiss in der Front erreicht.

Es wurden bei jedem Probanden Röntgenaufnahmen von zwei verschiedenen Zeitpunkten ausgewertet.

T1 unmittelbar nach Wachstumsende

T2 14-16 Jahre nach Wachstumsende

Das skelettale Wachstum war vor, bzw. kurz vor der Erstellung des ersten Fernröntgenseitenbildes (Zeitpunkt T1) bereits abgeschlossen. Dies wurde durch eine Handröntgenaufnahme dokumentiert.

Für jeden Probanden wurden die Merkmale Alter, SNA, SNB, ANB, Gn-tgo-Ar, NL-NSL, ML-NSL, ML-NL, OK1-NA(Grad), OK1-NA(mm), UK1-NB(Grad), UK1-NB(mm), OK1-UK1(Grad), N-Sp`(mm), Sp`-Gn(mm), Index, SN-Pg, Pg-NB, D-Winkel und Pg-NB(mm) unmittelbar nach der Wachstumsende (T1) und 12-18 Jahre später (T2) erhoben.

Bei den 24 Probanden handelt es sich um 12 männliche Personen, was einem Anteil von 50% entspricht, sowie 12 weiblichen Personen.

Zur weiteren Charakterisierung des Probandenkollektivs wurden die untersuchten Patienten im Hinblick auf ihre vertikale Schädelanatomie differenziert. Die vertikale Schädelanatomie wird beschrieben durch die Inklination der Kieferbasen zueinander (ML-NL) und durch den „Index“, der das Verhältnis von Mittelgesicht zu Untergesicht beschreibt. Dieser „Index“ bezeichnet das prozentuale Verhältnis der vorderen Gesichtshöhen, Mittelgesicht (N-Sp`) und Untergesicht (Sp`-Gn), zueinander.

Analog zur sagittalen Basenrelation wird für diesen Index eine Klassifizierung in drei Gruppen vorgenommen. Je nach prozentualen Wert werden die Gruppen als O (offen), N (neutral) und T (tief) bezeichnet. Die Bedeutung des „Index“ zeigt sich vor allem bei der Beurteilung von skelettalen Bissanomalien in der vertikalen, wie beim skelettal offenen bzw. tiefen Biss. Entsprechend der Inklination der Kieferbasen, ausgedrückt durch den Interbasiswinkel ML-NL, wird jede der vorgeschriebenen Gruppen O, N, oder T in zusätzliche Untergruppen von 1-3 unterteilt: O1, O2, O3, N1, N2, N3, T1, T2, T3: 1 wenn ML-NL relativ zu groß, 2 bei einer korrekten Beziehung ML-NL, 3 wenn ML-NL relativ zu klein ist.

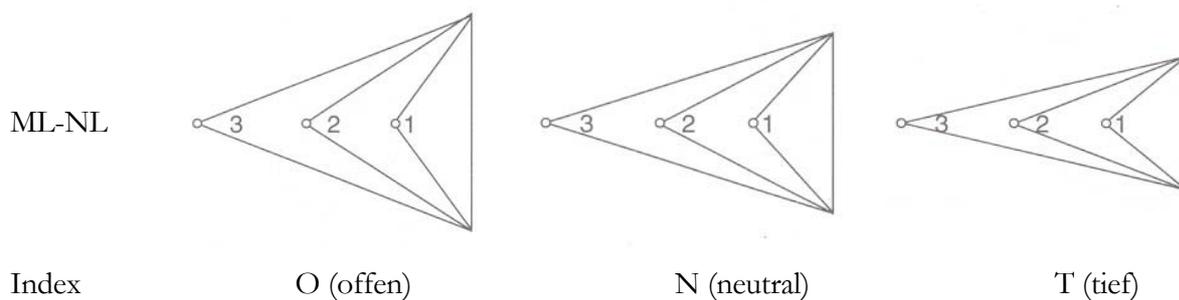


Abb. 4.1. Klassifikation des Gesichtstyps nach ML-NL und Index

Bei den 24 Probanden handelt es sich nach dem Index um 19 Probanden mit neutraler Konfiguration, was einem Anteil von 82,6% entspricht. 4 Probanden (17,4%) sind der tiefen Konfiguration zuzuordnen.

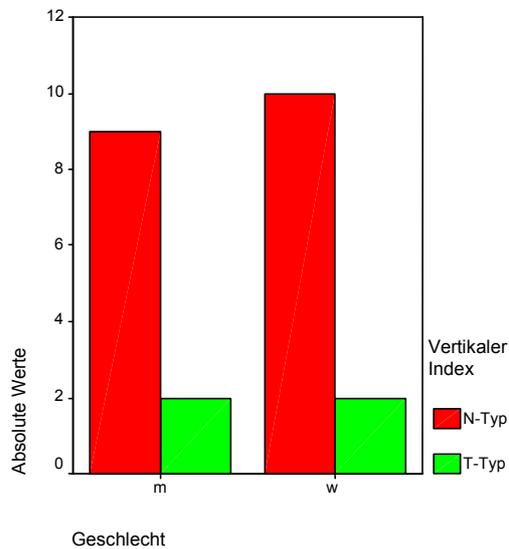


Abb.4.2.a Grafische Darstellung der Geschlechtsverteilung bezüglich der Relation Mittelgesicht zu Untergesicht, ausgedrückt durch den Index.

Kreuztabelle Geschlecht * Vertikal (Index)		Vertikal (Index)		Gesamt	
		N-Typ	T-Typ		
Geschlecht	m	Anzahl	9	2	11
		prozentual	39,1%	8,7%	47,8%
	w	Anzahl	10	2	12
		prozentual	43,5%	8,7%	52,2%
Gesamt	Anzahl	19	4	23	
	prozentual	82,6%	17,4%	100,0%	

Abb.4.2.b Tabellarische Darstellung der Häufigkeitsverteilung Geschlecht bezüglich Index (Relation Mittelgesicht zu Untergesicht). Eine Gleichverteilung ist anzunehmen (siehe Tabellen 10.9: Exakter Test nach Fischer, $p=0,671$).

Unterteilt nach dem Interbasiswinkel (ML-NL) handelt es sich bei 4 Probanden um den Typ 1 (ML-NL relativ zu groß), entsprechend einem Anteil von 16,7 %. 14 Probanden sind dem Typ 2 (korrekte ML-NL Beziehung), entsprechend 58,3%, und 6 Probanden sind dem Typ 3 (ML-NL relativ zu klein), entsprechend 25%, zuzuordnen.

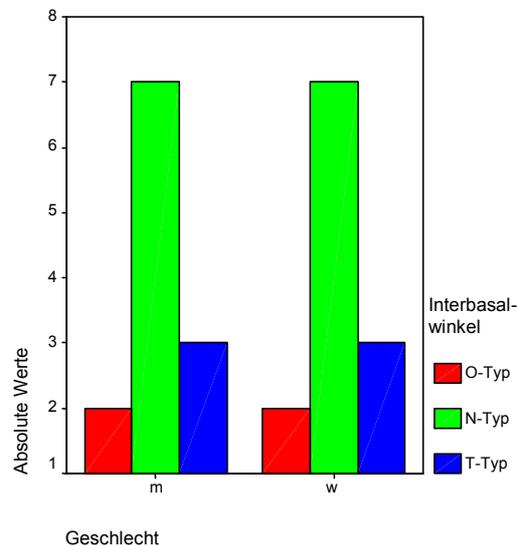


Abbildung 4.3a. Grafische Darstellung der geschlechtsspezifischen Inklination der Kieferbasen zueinander, ausgedrückt durch den Interbasiswinkel (ML-NL).

Kreuztabelle Geschlecht * Vertikal (ML-NL)		Vertikal (ML-NL)			Gesamt	
		Typ 1	Typ 2	Typ 3		
Geschlecht	m	Anzahl	2	7	3	12
		prozentual	8,3%	29,2%	12,5%	50,0%
	w	Anzahl	2	7	3	12
		prozentual	8,3%	29,2%	12,5%	50,0%
Gesamt	Anzahl	4	14	6	24	
	prozentual	16,7%	58,3%	25,0%	100,0%	

Abb. 4.3b. Tabellarische Darstellung der geschlechtsspezifischen Inklination der Kieferbasen zueinander, ausgedrückt durch den Interbasiswinkel (ML-NL). Eine Gleichverteilung ist anzunehmen (siehe Tabellen 10.8: χ^2 - Test nach Fischer, $p=1$).

Das Durchschnittsalter der untersuchten 24 Probanden zum Zeitpunkt der ersten Fernröntgen-
seitenbilder (T1) betrug im Mittel 16,8 Jahre bei Frauen und 17,3 Jahre bei Männern. Zum
Zeitpunkt T2 betrug das Durchschnittsalter der Frauen 31,5 und das der Männer 33,6 Jahre.

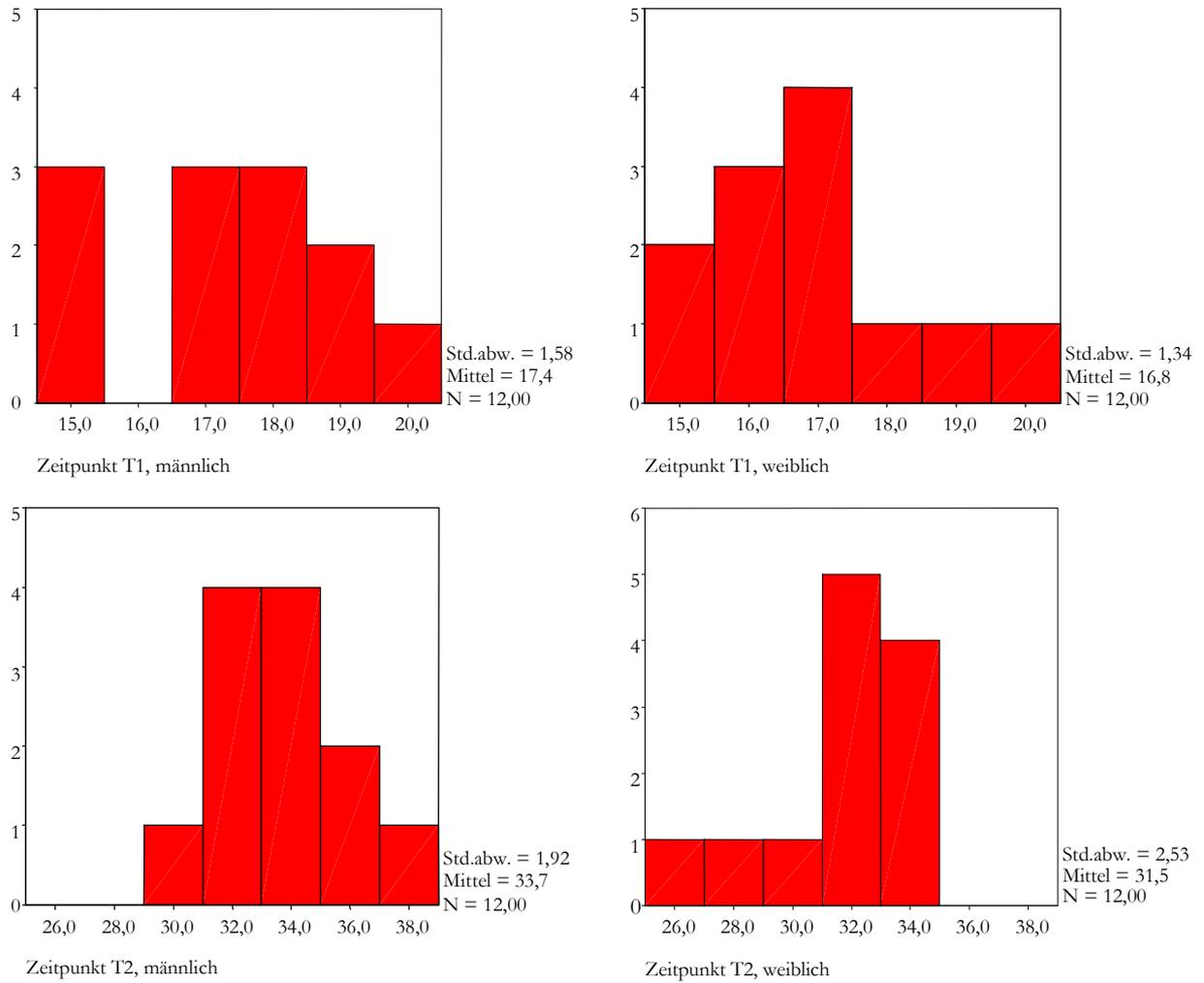


Abb.4.4. Histogramme: Geschlechtsspezifische Altersverteilung zu den Untersuchungszeitpunkten T1 (Wachstumsende) und T2 (Nachuntersuchung).

4.2. Methoden

4.2.1. Kephalometrische Untersuchung

Als Teil einer größeren Untersuchung wertet die vorliegende Studie die kephalometrischen Veränderungen von Patienten nach Wachstumsende aus.

Die Fernröntgenseitenaufnahmen (FRS) werden zu 2 Zeitpunkten angefertigt:

1. Zeitpunkt T1: unmittelbar nach Wachstumsende
2. Zeitpunkt T2: 14-16 Jahre nach Wachstumsende

Einschlusskriterien für die Probanden waren:

1. einheitlicher Malokklusionstyp
2. Behandlung durch einen einzigen erfahrenen Kieferorthopäden bis zum Erreichen der Zielvorgabe
3. abgeschlossenes Wachstum zum Zeitpunkt T1; dokumentiert durch eine Handröntgenaufnahme.

4.2.2. Röntgenmethode

Die in dieser Untersuchung verwendeten Röntgenbilder sind in der Praxis von Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson und in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians-Universität unter der Leitung von Prof. Dr. Ingrid Rudzki-Janson unter folgenden standardisierten Bedingungen aufgenommen worden: In einem Orthoceph C der Fa. Siemens wurden die Probanden mit der Frankfurter Horizontalen parallel zum Boden ausgerichtet. In dieser Stellung wird der Kopf des Patienten mit Hilfe zweier Vorrichtungen, den sogenannten Ohroliven und je eines Kunststoffteils, vor der Aufnahme räumlich eindeutig fixiert.

Dieses Kunststoffteil geht vom kranialen Teil der Kopfhalterung aus und findet Abstützung am Übergang des Nasenrückens zur Stirn.

Als Unterkieferposition diente die retralste, ohne Zwang erreichbare Interkuspitation. Um die Weichteilstrukturen besser hervorzuheben wurde ein Aluminium-Weichteilfilter verwendet.

4.2.3. Technische Daten zur Herstellung der Fernröntgenseitenaufnahmen des Kopfes

Mit Hilfe der kombinierten Orthopantomograph – Cephalostat –Apparatur (Orthoceph der Firma Siemens) wurden alle Fernröntgenseitenbilder angefertigt. Dem Orthopantomograph – Cephalostaten liegen folgende technische Daten zugrunde:

- Röntengerät: Orthoceph C der Fa. Siemens
- Aufnahmespannung: 80kV
- Aufnahmestromfluss: 15mV
- Belichtungszeit: 1s
- Abstand des Brennflekes des Röntgenröhre zur Medianebene des Kopfes: 1.5 m
- Abstand der Medianebene des Kopfes zur Filmebene: 18 cm
- Film: Cronex-Dupont
- Filmformat: 18 cm x 24 cm (Querformat)
- Belichtungsverstärkung: Rubinfole (als „Verlaufsfolie“)
- Strahlengang des Zentralstrahls: durch linken und rechten äußeren Gehörgang, dargestellt durch die Ohrliven des Cephalostat.

4.2.4. Kephalmetrie

4.2.4.1. Durchzeichnung

Für die Analyse der Röntgenbilder wurde die exaktere, indirekte Methode gewählt.

Als Hilfsmittel werden gebraucht:

- Lichtkasten mit Lichtregulierung
- Acetatfolie (ca. 18 x 21 cm)
- Klebestreifen für die Fixierung von Durchzeichenpapier
- Tracing-Template für das Einzeichnen der Molaren und Schneidezahnkontur
- Winkelmesser mit 1/2 Gradeinteilung
- 2x Dreieck (Linex mit rechtem Winkel, Millimetereinteilung und parallelen Linien in 1 mm Abstand zum Konturieren von Tangentenpunkten)
- Lupenbrille
- Bleistifte-Farbstifte (0,5)

- „Kephalometrieblatt nach A. Hasund, 1978, E.W.Steinhäuser, I. Rudzki-Janson 1988/1998“ für die Eintragung der Kephalometrischen Werte
- Rechner: mind. „Pentium 166“-Prozessor; 32MB RAM;1 GB Festplatte
- Digitiser: „Numonics Accu Grid“; 1 First Canadian Place, P.O.Box 300, Toronto, Ontario, Canada M5X1C9.
- Software: Das Kephalometrie-Programm („DIAGNOSE HELFER! PLUS[®], VERSION 1.28“ von Dr. WINGBERG, BUXTEHUDE).
- Drucker

Routinemäßiges Vorgehen bei der Durchzeichnung:

- Die Fernröntgenaufnahme wird mit dem Profil nach rechts auf den Lichtkasten gelegt und so orientiert, dass die NS-Linie parallel zum Oberrand des Lichtkastens liegt. In dieser Position wird die Fernröntgenaufnahme mit Klebestreifen fixiert.
- Die Punkte Nasion und Sella werden mit einem scharfen Bleistift direkt auf dem Röntgenfilm markiert.
- Die Acetatfolie ist auf einer Seite glänzend, auf der anderen matt. Die glänzende Seite wird auf die Röntgenaufnahme gelegt. Die Durchzeichnung soll auf der matten Seite erfolgen. Bevor man die Acetatfolie auf dem Röntgenfilm fixiert, zieht man eine Linie 8 cm von der oberer Schmalseite und markiert 6 cm vom rechten Rand entfernt einen Punkt, der später zum Nasion-Punkt wird.
- Die Acetatfolie wird nun dergestalt auf dem Röntgenbild orientiert, dass der markierte Punkt mit dem Nasion-Punkt (N) auf der Fernröntgenaufnahme zusammenfällt und dass außerdem der Sella-Punkt auf der Hilfslinie zu liegen kommt. Die Hilfslinie wird damit zur NSL. Die Acetatfolie wird in dieser Position mit zwei Klebestreifen am linken Rand fixiert.
- Die übrigen Referenzpunkte werden mit einem spitzen Bleistift auf der Acetatfolie markiert.
- Die wichtigsten Knochenstrukturen werden durchgezeichnet. Bei Strukturen, die auf der Röntgenaufnahme eine Doppelkontur zeigen, wird eine mittlere Konturlinie eingezeichnet.
- Die Incisivi und Molaren werden mit Hilfe des Templates eingezeichnet. Zunächst werden die Längsachsen der Schneidezähne in OK und UK durch die jeweiligen Incisalpunkte und entsprechenden Apikalpunkte gezogen. Danach zeichnet man die Konturen eines oberen und unteren Schneidezahnes mit Hilfe des Templates ein, so dass sie mit den eingezeichneten Achsen übereinstimmen. Im Falle der Molaren findet sich häufig eine

Doppelkontur. In diesem Fall wird eine Mittelkontur der Mesialflächen der Molaren als Ausgangspunkt für die Orientierung des Templates eingezeichnet.

- Anschließend wird das Weichteilprofil eingezeichnet.
- Zum Schluss zeichnet man die Referenzlinien ein. Zur Dunkeladaptation der Augen wurde der Raum vollständig abgedunkelt und nach 20 Minuten mit der Durchzeichnung begonnen. Alle Referenzpunkte wurden als haarfeine Punkte durchgezeichnet.

4.2.4.2. Röntgenbildereingabe und Auswertungssystem

Bei der direkt vom Röntgenbild durchgeführten Digitalisierung sind bestimmte Strukturen - insbesondere solche, die sich in aufgehellten Regionen befindet - häufig unzureichend erkennbar. Ursache hierfür ist die Lichtabsorption des Röntgenbildes und des transluzenten Digitalisiertablets in Verbindung mit der Fadenkreuz-Lupe des Digitizer. Aus diesem Grund wurde für die Analyse der Röntgenbilder die exaktere, indirekte Methode gewählt.

Hierzu wurden:

- Azetatfolie mit Klebeband auf einem - mit dem Profil nach rechts ausgerichteten - seitlichen Fernröntgenbild fixiert und die Referenzpunkte definitionsgemäß aufgesucht und markiert,
- die erstellten Durchzeichnungen auf der Oberfläche des Digitalisiertablets befestigt und die Markierungen digitalisiert.

Für den Digitalisiervorgang hatte sich der Untersucher in Richtung des Digitalisiertablets geneigt, um einen Blickwinkel von 90° zur Oberfläche des Digitalisiertablets zu ermöglichen und die Parallaxenfehler zu minimieren, die bei einem von 90° abweichenden Blickwinkel auftreten können. Vier Wochen nach Ende der ersten Durchzeichnungsserie wurden aus dem gesamten Probandengut 20 zufällige Stichproben entnommen und je Proband beide Röntgenbilder (Zeitpunkt 1 und 2) ein zweites Mal durchgezeichnet. Die resultierenden 40 Durchzeichnungen wurden edokumentiert. Sie bildeten mit der ersten Serie die Grundlage für die Berechnung des Methodenfehlers.

Nach Eingabe aller Referenzpunktmarkierungen wurden die Werte der Variablen aus den Koordinaten der Referenzpunkte mit Hilfe der computerunterstützten Kephalemetrie nach Hasund und Wingberg berechnet. Die resultierenden Rohdaten wurden einer Fehleranalyse (Plausibilitätsanalyse?) unterzogen.

Die in dieser Untersuchung verwendeten Referenzpunkte entstammen der "Klinischen Kephalemetrie für die Bergentechnik" (Hasund, 1974) und Kapitel: "Grundlage zur

Behandlungsplanung: „Klinische und technische Analyse“ aus Kieferorthopädische Chirurgie“ von Steinhäuser/Janson.

4.2.5. Skelettale Referenzpunkte, -linien, Winkel und Strecken der Münchner Analyse

Für die Vermessung der 24 Fernröntgenseitenbilder wurde aus der Vielzahl von Analysen, die das Kephalometrie – Programm („DIAGNOSE HELFER! PLUS[®], VERSION1.28“ von Dr. J. Wingberg, Buxtehude) enthält, die auf der Bergen-Technik⁵⁶ basierende Münchner-Analyse ausgewählt.

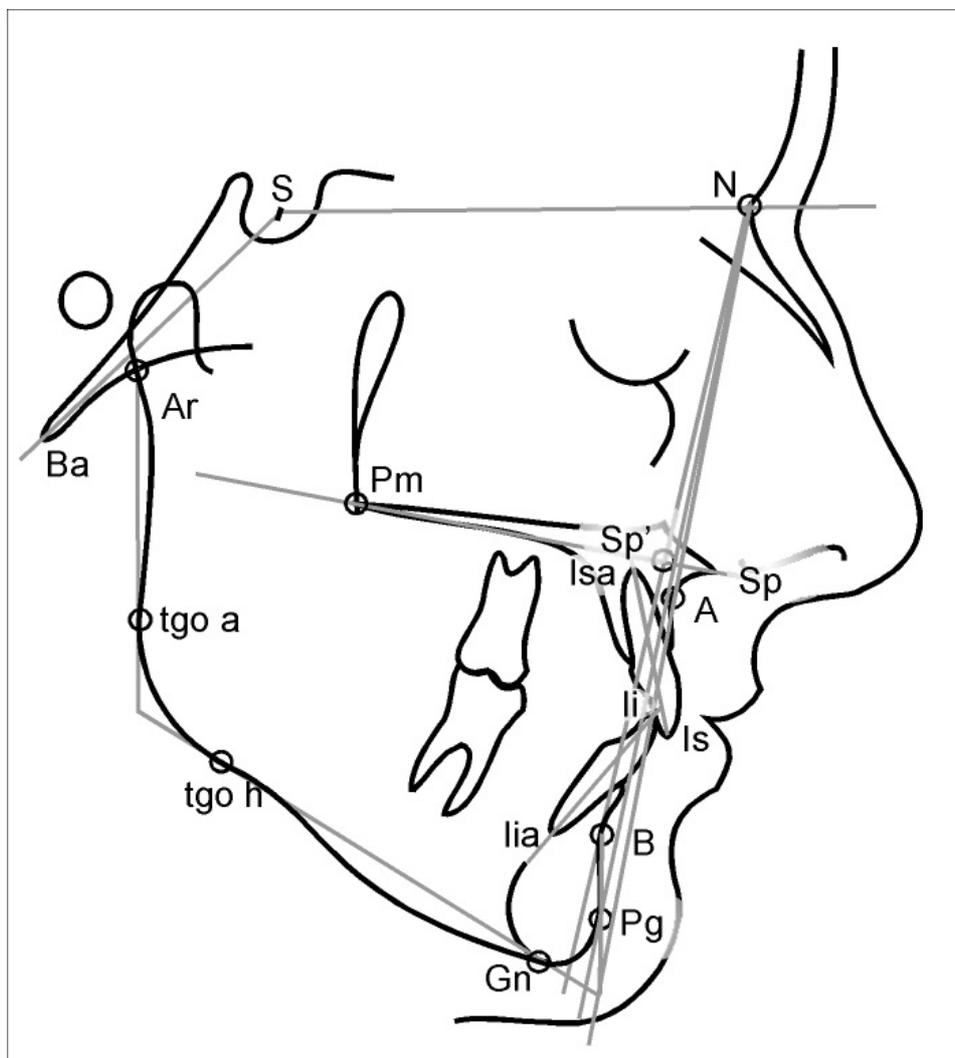


Abb. 4.5. Münchner Analyse

4.2.5.1. Skelettale Refrenzpunkte

<u>der Midsagittalebene</u>		<u>der Lateralsagittalebene</u>	
S	Sella	Pm	Pterigomaxillar
N	Nasion	Ar	Articulare
Ba	Basion	Tgo	Gonion-Tangentenpunkt
Sp	Spina nasalis anterior	Sp`	Spina Strich
A	Maxilla Apikalpunkt	Io	Infraorbitale
B	Mandibula-Apikalpunkt	O	Orbitale
Pg	Pogonion	P	Porion
Gn	Gnathion		

S = Sella

Dieser Punkt wird konstruiert im Zentrum der sella turcica, als Mittelpunkt des größten Durchmessers der knöchernen Krypta. Der Durchmesser wird vom Bereich des Ansatzes des Dorsum sellae zum Ansatzbereich des Processus clinoideus anterior bestimmt.

N = Nasion

Der am weitesten ventral gelegene Punkt der Sutura nasofrontalis im Bereich des obersten Randes des Os nasale.

Bei einer V-förmigen Einziehung wird der anteriorsten Punkt des unteren Schenkels des V herangezogen.

Ba = Basion

Der am weitesten posterior und kaudal gelegene Punkt des Clivus und damit der anteriorste Punkt des Foramen magnum. Als Hilfsmittel kann die zentrale Spongiosa des Clivus verwendet werden. Sie stellt sich als relativ schmales, nach dorsal und kaudal zeigendes Dreieck in Richtung Basionpunkt. Das Auffinden des Basions ist häufig nicht problemlos. Zur Kontrolle sollte beachten werden, dass der Punkt sich etwa 1cm kranial des Dens axis und etwa 1cm dorsal des Punktes Articulare befindet.

Sp = Spina nasalis anterior

Ventralstes Ende des Oberkieferknochens im Bereich der am weitesten anterior gelegenen, gut sichtbaren Struktur der Spina nasalis anterior.

A = Maxilla-Apikalpunkt

Der tiefste Punkt der ventralen Kontur des Oberkieferknochens im Übergang zum Alveolarfortsatz. Er wird gefunden, indem eine Linie vom Punkt Spina nasalis anterior zum Limbus alveolaris gezogen und dann parallel nach dorsal verschoben wird, bis sie zur Tangente mit der konkaven anterioren Kontur des Alveolarfortsatzes wird. Der

Tangentenpunkt ist dann der A-Punkt. Als Kontrolle kann dienen, dass die labiale Knochenlamelle über der Wurzel der oberen Incisivi in der Regel nur 1 bis 2 mm stark ist.

B = Mandibula-Apikalpunkt

Der tiefste Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferknochens im Übergang zum Alveolarfortsatz. Er wird gefunden, indem eine Linie vom Punkt Pogonion zum Limbus alveolaris gezogen und dann parallel nach dorsal verschoben wird, bis sie zur Tangente mit der konkaven anterioren Kontur des Alveolarfortsatzes wird.

Pg = Pogonion

Ventralster Punkt der Unterkiefersymphyse, wobei die Ausrichtung des Röntgenbildes durch parallele Orientierung von NSL zum Rand der Durchzeichnfolie gilt. Er wird gefunden, indem eine Senkrechte zur Nasion-Sella-Linie von anterior an das Kinn wird geschoben wird, bis sie die Kinnkontur tangential berührt. Der Tangentenpunkt ist dann das Pogonion. Bei Ausnahmefällen (stark fliehendes Kinn) wird die Tangente, ersatzweise von dem Punkt N aus an die Kinnprominenz gelegt, oder ein Punkt wird auf der anterioren Kontur des Kinns verwendet, der 1cm kranial der Mandibularebene liegt.

Gn = Gnathion

Der kaudalste Punkt der Unterkiefersymphyse. Er wird gefunden als der Punkt mit dem größten Abstand von der Nasion-Sella-Linie.

Pm = Pterigomaxillare

Der Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Corpus maxillae mit der Kontur des harten und weichen Gaumens im Bereich des nach mesial einstrahlenden Schatten der Fossa pterigopalatina.

Im Falle von sich überdeckenden Molaren werden die Konturen interpoliert.

Ar = Artikulare

Der Schnittpunkt der Kontur der äußeren Schädelbasis mit dem dorsalen Rand des aufsteigenden Unterkieferastes. Bei Vorliegen einer Doppelkontur des ramus ascendens dient die linear gefundene Mitte beider Konturen als Referenz.

Tgo = Gonion-Tangentenpunkt

Der Schnittpunkt der Tangente vom Gnathion zum kaudalsten Rand des liegenden Unterkieferastes, mit der Tangente von Ar zum dorsalsten Rand des aufsteigenden Unterkieferastes jeweils im Kieferwinkelbereich. Bei Doppelkonturierung des Ramus horizontalis und Ramus ascendens wird im kaudalen Gonionbereich und im Artikulargebiet eine konstruierte Mittellinie verwendet.

Sp` = Spina Strich

Der Schnittpunkt der Verbindungslinie von Pm zu Sp mit der Verbindungslinie N zu Gn.

Io = Infraorbitale

Der am ventralsten gelegene Punkt des Infraorbitalrandes bzw. der Tangentialpunkt vom Nasion an die Orbitalkrümmung (bei ungünstiger Projektion des Io-Punktes).

O = Orbitale

Der am weitesten kaudal gelegene Punkt der knöchernen Begrenzung der Orbita.

P = Porion

Höchster bzw. kranialster Punkt des Porus acusticus externus.

4.2.5.2. Dentale Referenzpunkte am FRS

<u>der Midsagittalebene</u>		<u>der Lateralsagittalebene</u>
is	Incisivus superius	Md Oberer Molarenpunkt
isa	Incisivus superior apicale	Mm Unterer Molarenpunkt
ii	Incisivus inferius	
iaa	Incisivus inferius apicale	

is = Incisivus superius

Mittelpunkt der Incisalkante des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Oberkieferschneidezahnes.

isa = Incisivus superius apicale

Der apikalster Punkt des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Oberkieferschneidezahnes.

ii = Incisivus inferius

Mittelpunkt der Incisalkante des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Unterkieferschneidezahnes.

iaa = Incisivus inferius apicale

Der apikalster Punkt des am weitesten nach ventral stehenden mittleren Unterkieferschneidezahnes.

Md = Oberer Molarenpunkt

Distale Kronenkontur des ersten oberen Molaren im Bereich des distalsten Okklusionskontaktes mit einem Zahn im unteren Zahnbogen, zumeist ein Molar.

Mm = Unterer Molarenpunkt

Mesiale Kronenkontur des unteren ersten Molaren im Bereich des mesialen interdentalen Kontaktpunktes.

Bei Wurzelkrümmung und bei Kollumnknicung ist für die Bestimmung der Zahnachse der Verlauf der Pulpa maßgeblich.

Im Fall einer Doppelprojektion sind die Strukturen mit stärkerer Verschattung für das Auffinden der Referenzpunkte is und ii zu beachten.

Da die vier Unterkieferschneidezähne und auch die unteren Eckzähne meist in einer Linie stehen, überlagern sie sich häufig und erschweren eine genaue Zuordnung.

4.2.5.3. Skelettale Referenzlinien

<u>horizontal</u>		<u>vertikal</u>	
NSL	Schädelbasislinie	NA	Nasion-Maxillalinie
NL	Nasallinie	NB	Nasion-Mandibularlinie
ML	Mandibularlinie	NPg	Nasion-Pogonionlinie
		BPgT	Pogonion-Tangentenlinie
<hr/>			
<u>Weitere Hilfslinien</u>			
Ar-tgo	Ramus-Linie	PO	Porion-Orbitallinie
SBa	Clivuslinie	NIo	Nasion-Infraorbitallinie
PgNB	Pogonion-Prominenz	NGn	Nasion-Gnathionlinie

Skelettale Referenzlinien am FRS in sagittaler Richtung

NSL = Schädelbasislinie

Verbindung vom Nasion zur Sella, charakterisiert die kranial vor dem Gesichtsskelett liegende anteriore Schädelbasis. Sie dient als Hauptreferenzlinie.

NL = Nasallinie

Verbindung der Punkte Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare, charakterisiert die Oberkieferbasis, auch Spinaebene genannt. Der Bereich der Spina nasalis anterior erscheint häufig nach kranial oder kaudal abgebogen. Dann ist es zweckmäßig, den gerade verlaufenden Schatten des Nasenbodens mit in die Überlegungen bei der Konstruktion von NL einzubeziehen

ML = Mandibularlinie

Tangente, ausgehend von Gnathion (Gn) an die am weitesten nach kaudal vorspringende Prominenz des horizontalen Unterkieferastes im Angulusbereich; charakterisiert die Unterkieferbasis.

Skelettale Referenzlinien am FRS in vertikaler Richtung**NA = Nasion-Maxillalinie**

Verbindung der Punkte Nasion und A-Punkt; charakterisiert die anteriore Begrenzung des zahntragenden Oberkieferknochens. Weiterhin wird sie benutzt, um die sagittale Position des Oberkiefers zu beschreiben.

NB = Nasion-Mandibularlinie

Verbindung der Punkte Nasion und B-Punkt; charakterisiert die anteriore Begrenzung des zahntragenden Unterkieferknochens. Weiterhin wird sie benutzt, um die sagittale Position des Unterkiefers zu beschreiben.

NPg = Nasion-Tangentenlinie

Verbindung der Punkte Nasion und Pogonion; charakterisiert die anteriore Begrenzung des Unterkieferkörpers mit Symphyse.

BPgT = Pogonion-Tangentlinie

Tangente, ausgehend vom Punkt B, an die größte Prominenz der Unterkiefersymphyse gelegt. Sie dient zur Beschreibung der sagittalen Position des Kinns und kann auch als Bezugslinie für die Position der Unterkieferfrontzähne verwendet werden.

Weitere Hilfslinien**Ar-tgo = Tangentenlinie am Ramus ascendens**

Tangente, ausgehend von Artikulare an die am weitesten nach dorsal vorspringende Prominenz des Unterkieferastes im Angulusbereich, charakterisiert die posteriore Begrenzung des Unterkieferkörpers.

SBa = Sella-Basionlinie

Verbindung der Punkte Sella und Basion; charakterisiert die dorsal-kraniale Begrenzung des knöchernen Gesichtsschädels durch die anteriore Schädelbasis.

PgNB = Pogonion-Prominenz

Lotrechte Verbindung vom Punkt Pg zur NB-Linie.

PO = Porion-Orbitallinie

Verbindung der Punkte Porion und Orbitale, charakterisiert die Ohr-Augen-Ebene.

NIo = Nasion-Infraorbitallinie

Verbindung der Punkte N und Io; charakterisiert die vorderste Begrenzung des Infraorbitalbereichs.

NGn = Nasion-Gnathionlinie

Verbindungsline der Punkte Nasion und Gnathion; dient zur Berechnung des Index der anterioren Gesichtshöhe.

4.2.5.4. Dento-basale Referenzlinien

Sp-is-Linie	anteriore „Oberkieferhöhe“
Gn-ii-Linie	anteriore „Unterkieferhöhe“
ii-NA(mm)	obere Frontzahnstellung
is-NB(mm)	untere Frontzahnstellung

Sp-is-Linie = anteriore „Oberkieferhöhe“

Verbindung der Punkte Sp und is; charakterisiert die Höhe der Oberkieferbasis mit alveolärem Bereich sowie der Kronenlänge des mittleren oberen Incisivus.

Gn-ii-Linie = anteriore „Unterkieferhöhe“

Verbindung der Punkte Gn und ii; charakterisiert die Höhe der Unterkieferbasis mit alveolärem Bereich und die Kronenlänge des mittleren unteren Incisivus.

ii-NA(mm) = obere Frontzahnstellung

Lotrechte Verbindung des Punktes iia zur NA-Linie.

Is-NB(mm) = untere Frontzahnstellung

Lotrechte Verbindung des Punktes is zur NB-Linie.

4.2.5.5. Dentale Referenzlinien

is-isa	Oberkiefer-Schneidezahnachse
ii-ia	Unterkiefer-Schneidezahnachse

Oberkiefer-Schneidezahnachse (is-isa)

Die Linie durch den Incisalpunkt (is) und den Apikalpunkt (isa) des mittleren Oberkieferschneidezahnes wird als Längsachse des Oberkiefer-Schneidezahnes bezeichnet.

Unterkiefer-Schneidezahnachse (ii-ia)

Die Linie durch den Incisalpunkt (ii) und den Apikalpunkt (ia) des mittleren Unterkiefer-Schneidezahnes wird als Längsachse des Unterkiefer-Schneidezahnes bezeichnet.

4.2.5.6. Anguläre Messungen in Grad:

SNA-Winkel	Prognathiegrad der Maxilla	N-Winkel	Norderval-Winkel
SNB-Winkel	Prognathiegrad der Mandibula	H-Winkel	Holdaway-Winkel
ANB-Winkel	sagittaler Interbasalwinkel	ML-NSL	Inklinationsgrad der Mandibula
SNPg-Winkel	Pogonionwinkel	NL-NSL	Inklinationsgrad der Maxilla
NSBa-Winkel	Schädelbasiswinkel	ML-NL	vertikaler Interbasalwinkel
GN-tgo-Winkel	Kieferwinkel		

SNA = Prognathiegrad-Winkel der Maxilla

Hier wird die sagittale Position der Oberkieferbasis in Abhängigkeit zur anterioren Schädelbasis beschrieben.

SNB = Prognathiegrad-Winkel der Mandibula

Hier wird die sagittale Position der Unterkieferbasis in Abhängigkeit zur anterioren Schädelbasis beschrieben.

ANB-Winkel = Sagittaler Interbasalwinkel

Er erfasst die sagittale Relation von Maxilla zur Mandibula.

4.2.5.7. Liniere Messungen

<u>in Millimeter</u>	<u>in %</u>
Pg-NB-Linie	Index $(N-Sp' / Sp'-Gn) \times 100$
N-Sp'-Linie	
Sp'-Gn-Linie	

Pg-NB-Linie = Größe der Kinnprominenz

Diese Messung zur Kinnprominenz des Pogonions wird in Relation zur sagittalen Position der mittleren UK-Incisivi gemessen.

N-Sp'-Linie = obere knöcherne Gesichtshöhe

Der vertikale Abstand von N zu Sp' wird gemessen. Er informiert über die Größe der oberen anterioren Gesichtshöhe.

Sp'-Gn-Linie = untere knöcherne Gesichtshöhe

Der vertikale Abstand von Sp' zu Gn wird gemessen. Er informiert über die Größe der unteren anterioren Gesichtshöhe.

Index in % $(N-Sp' / Sp'-Gn) \times 100$

Der Index ist Ausdruck für die Relation der Teilhöhen von oberer und unterer Gesichtshöhe.

4.2.5.8. Dentale Messungen:

<u>in °</u>	<u>in mm</u>
OK1-NA Achsenneigungswinkel der OK-Incisivi	OK1-NA sagittale Position des OK-Incisivi
UK1-NB Achsenneigungswinkel der UK-Incisivi	UK1-NB sagittale Position des UK-Incisivi
UK1-OK1 Interincisalwinkel	

OK1-NA-Winkel = Achsenneigungswinkel der OK-Incisivi

Die Achse des mittleren oberen Schneidezahnes zur NA-Linie gemessen, charakterisiert die Stellung dieses Zahnes in anterior posteriorer Richtung.

OK1-NA in mm = Sagittale Position des OK-Incisivi

Der lineare Abstand der Incisalkante des mittleren Oberkieferschneidezahnes zur knöchernen Profillinie NA vermittelt die Information über Protrusions- bzw. Retrusionsgrad dieses Zahnes.

UK1-NB-Winkel = Achsenneigungswinkel der UK-Incisivi

Die Achse des mittleren unteren Schneidezahnes zur NB-Linie charakterisiert die Stellung dieses Zahnes in anterior posteriorer Richtung.

UK1-NB in mm = Sagittale Position des UK-Incisivi

Der lineare Abstand der Incisalkante des mittleren Unterkieferschneidezahnes zur knöchernen Profillinie NB vermittelt die Information über Protrusions- bzw. Retrusionsgrad dieses Zahnes.

OK1-UK1-Winkel = Interincisalwinkel

Er beschreibt die Relation der Achsen von Ober- und Unterkieferincisivi zueinander in Bezug auf ihre labio-linguale Achsenneigung.

4.2.6. Meßfehler bei der Fernröntgenseitenbildanalyse

Bezüglich der Fehleranalyse sind systematische und zufällige Fehler zu berücksichtigen.

4.2.6.1. Systematische Fehler

Systematische Fehler treten in der Methodik des Analyseverfahrens einer Untersuchung auf. Sie können bei kephalometrischen Messungen bedingt sein durch:

- Fehler im Kephhalostaten
- Fehler bei der Aufnahmetechnik
- Fehler in der Computer Hard- ,sowie Software
- konstante Fehler bei der Durchzeichnung der Messvariablen

Systematische Fehler verfälschen die Ergebnisse gleichbleibend und in einer Richtung. Sie spielen innerhalb einer Untersuchung keine Rolle, sondern führen ausschließlich bei Vergleichen mit anderen Studien zu fehlerhaften Aussagen.

Vermeintlich systematische Fehler im Vergleich zweier Studien entstehen beispielsweise, wenn bei gleicher Referenzpunktbezeichnung einer kephalometrischen Analyse dieser Punkt durch verschiedene Untersucher unterschiedlich aufgesucht wird. Dieser Fehler könnte durch genaue Betrachtung der Referenzpunktdefinition erkannt werden.

Generell können systematische Fehler, wie in der vorliegenden Untersuchung geschehen, nur durch professionelle und sorgfältige Durchführung der Aufnahme- und Auswertverfahren und eine regelmäßige Wartung der Röntgen- und Computeranlage weitgehend vermieden werden.

Ein systematischer Fehler im Computersystem kann sowohl vom Digitizer, als auch vom Rechner her verursacht werden. Eine systematische Fehler kann sich z. B. so zeigen, dass alle Messungen grundsätzlich um 1 Grad zu groß sind, oder, dass immer nur positive Winkelwerte angezeigt werden.

Systematische Fehler sind innerhalb des Meßsystems nur schwer aufzudecken. Sie sind aber gut darstellbar, wenn mit einer zweiten, anders arbeitenden Methode Vergleiche angestellt werden. Für die Fernröntgenseitenbildvermessungen bietet sich hier eine Handmessung an, die in dieser Arbeit zusätzlich vorgenommen wurde.

Überdies wurden alle Fernröntgendurchzeichnungen von einer weiteren, fachkompetenten Person überprüft. Dadurch konnten neben der Eliminierung der systematischen Fehler auch der Einfluß zufälliger Fehler abgeschätzt werden.

4.2.6.2. Zufällige Fehler

Zufällige Fehler sind Fehler eines Messwertes, die durch spontan bzw. zufällig auftretende Meßungenauigkeiten verursacht sind. Von größter Bedeutung sind die Fehler bei der Identifikation der Referenzpunkte auf dem Fernröntgenseitenbild. Für eine eindeutige Bestimmung und damit der Meßgenauigkeit spielen folgende Punkte eine Rolle:

- Schärfe des Röntgenbildes,
- Projektion des dreidimensionalen Objekts auf eine zweidimensionale Ebene,
- Interferenzen mit umgebenden Strukturen (Überlagerungen),
- optimale Betrachtungsverhältnisse,
- gute Kenntnis der anatomischen Strukturen und
- exakte Definition der Referenzpunkte.

Baumrind/Franz¹¹ bezeichnen den Fehler durch eine ungenaue Identifikation der Referenzpunkte als den bedeutendsten Fehler. Seine Auswirkungen auf die gemessenen Winkel und Strecken nehmen mit der Entfernung der Referenzpunkte zueinander relativ ab.

Der Fehler bei der Messung und Eintragung ist technischer Natur und abhängig von der Instrumentierung. Hier treten häufig durch unkonzentrierte Arbeit Fehler auf.

Da jede Methode der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern zufällige Messfehler beinhalten, ist es notwendig, Art und Größe der Fehler zu ermitteln, um deren Einfluss auf die Ergebnisse der kephalometrischen Analyse einschätzen und kontrollieren zu können.

In der vorliegenden Studie wurde die Messgenauigkeit durch zwei Vorgehensweisen optimiert:

1. Durchzeichnungsverfahren der Fernröntgenseitenbilder

Die dosierbare Lichtintensität ermöglicht das Auffinden von Referenzpunkten auch in stärker aufgehellten Bereichen des Fernröntgenseitenbildes. Dies gilt besonders für die basalen Strukturen und Regionen mit überlagernden knöchernen Geweben (z.B. in der Gegend des Punktes Basion).

Das konsequente Ausblenden der verschatteten Bezirke des Röntgenbildes, vor allem, wenn unmittelbar neben den zu lokalisierenden Strukturen aufgehellte Bereiche liegen, reduziert die Hell-Adaptation des Auges und damit eine Sichtminderung.

Wie oben erwähnt, wurde der Raum, in dem die Eingabe der Röntgenbilder stattfand, 20 Minuten vor Beginn der Durchzeichnung abgedunkelt. Da die Dunkel-Adaptation der Augen langsam verläuft, ist frühestens nach diesem Zeitraum ein optimales Nachtsehen möglich. Eine

Hell-Adaptation erfolgt jedoch sehr viel schneller. Um den Vorteil des Nachtsehens nicht zu vergebem ist deshalb der kontinuierliche Einsatz von Blenden empfehlenswert.

Im Falle der dentalen Variablen ist die Messgenauigkeit limitiert, da hier zufällige Fehler auf oftmals nicht oder nur vage lokalisierbare Strukturen zurückgehen.

2. Standardisierter Digitalisierprozess

Durch die standardisierte Führung der Digitizer-Lupe wird die Eingabe der Referenzpunktmarkierungen vereinheitlicht. Die haarfeinen Markierungen erfordern zudem eine größere Konzentration bei ihrer Lokalisation. Beides trägt zu einer Reduzierung der Meßfehler bei, die durch die Lokalisation der Referenzpunktmarkierungen mit der Digitizer-Lupe bedingt sind.

Es kann festgestellt werden, dass die Eingabe von Fernröntgenseitenbildern in den oben beschriebenen zwei Schritten zu einer größeren Messgenauigkeit und letztlich zu einer exakteren kephalometrischen Analyse führt.

4.2.7. Statistik

4.2.7.1. Messgrößen

Betrachtet wurden die quantitativen Messwerte SNA, SNB, ANB, GntgoAr, NL-NSL, ML-NSL, ML-NL, OK1-NA(Grad), OK1-NA(mm), UK1-NB(Grad), UK1-NB(mm), OK1-UK1(Grad), N-Sp^(mm), Sp^-Gn(mm), Index, SN-Pg, Pg-NB, D Winkel und Pg-NB(mm).

4.2.7.2. Statistische Methoden

Bestimmt wurden die deskriptiven Parameter

Mittelwert,

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

x_i = Beobachtungswerte
 n = Stichprobenumfang

Varianz (s),

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n * (n - 1)}}$$

resp. Standardabweichung (sd).

$$s_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n * (n - 1)}$$

Zur Überprüfung der Unterschiede der einzelnen Messwerte zwischen den definierten Gruppen und Zeitpunkten wurde nach Überprüfung der zugrundeliegenden Verteilung (Test nach Kolmogoroff-Smirnoff) der T-Test verwandt.

$$t = \frac{\text{Fehler des Mittelwertes}}{\text{Standardfehler des Mittelwertes}} = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{\sigma^2}{\sqrt{n}}}$$

Als unabhängiger T-Test zur Überprüfung der Unterschiede zwischen den Gruppen,

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}}$$

als abhängiger T-Test zur Überprüfung der Unterschiede zwischen den Zeitpunkten.

$$t = \frac{\bar{D}}{\sqrt{\frac{s_D^2}{n}}}$$

D=Differenz der Beobachtungspaare

Als globales Signifikanzniveau wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% angenommen. Alle statistischen Auswertungen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS, Vers. 11.5 durchgeführt.

4.2.7.3. Prüfung auf Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen

Voraussetzung für den hier verwendeten T-Test nach Student ist, dass die Beobachtungswerte der Stichprobe einer normalverteilten Grundgesamtheit entstammen und im Falle des unabhängigen T-Tests gleiche Varianzen aufweisen.

Mit Hilfe des Tests nach Kolmogorov-Smirnoff wurde die Anpassung aller quantitativer Messwerte der Stichprobenverteilung an eine theoretisch zu erwartende Normalverteilung geprüft. Dabei wird die Verteilung der Beobachtungswerte mit einer theoretischen Normalverteilung verglichen, deren Mittelwert und Standardabweichung der geprüften Variablen entspricht. In keinem Fall konnte die Nullhypothese, dass eine Normalverteilung vorliegt, abgelehnt werden (siehe Tabellen 10.5-6).

Die für den unabhängigen T-Test geforderte Gleichheit der Varianzen wurde gegebenenfalls durch eine entsprechende Korrektur der T-Werte nach Leven berücksichtigt.

4.2.7.4. Fehleranalysen / Messfehler

Als quantitatives Maß für die Übereinstimmung bei den Fehleranalysen wurden Korrelations- und Regressionskoeffizienten bestimmt. Es zeigte sich generell eine sehr gute Übereinstimmung.

4.2.7.4.1 Vergleich Computer-/Handmessung

Bei 14 Probanden wurden die Fernröntgenseitbilder jeweils manuell und mittels des Computers vermessen. Es zeigte sich generell eine gute Übereinstimmung zwischen Hand- und Computermessungen (siehe Tabelle 10.1: $n=14$, $p \ll 0,001$).

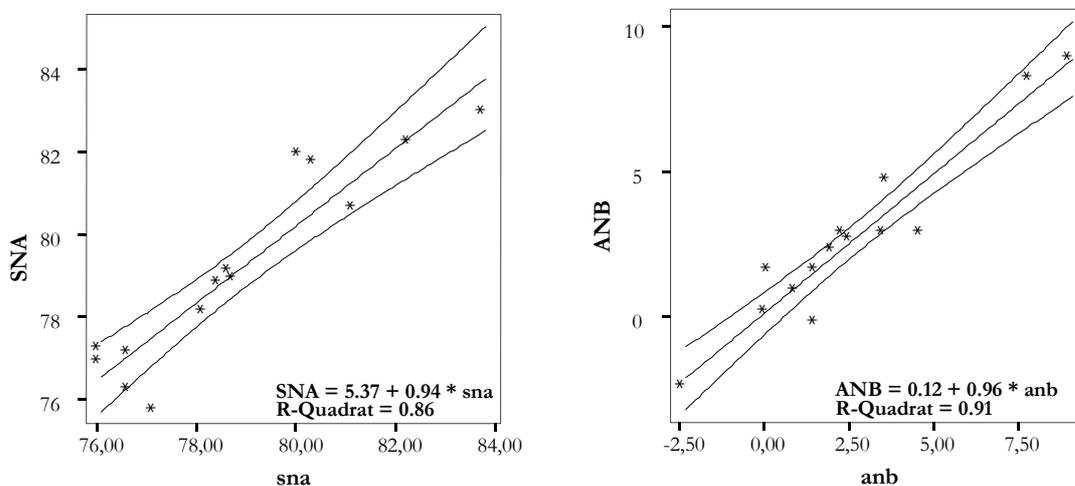


Abb. 4.5. Streudiagramme mit Regressionsgerade; hier exemplarisch für zwei Messwerte;

4.2.7.4.2. Bewertung durch zwei Rater

Bei 21 Probanden wurde jedes Fernröntgenseitbild von zwei unabhängigen Bewertern (Assistenten der Poliklinik für Kieferorthopädie) vermessen. Es zeigte sich ausnahmslos eine gute Übereinstimmung zwischen den Ratern (siehe Tabelle 10.2: $n=21$, $p \ll 0,001$).

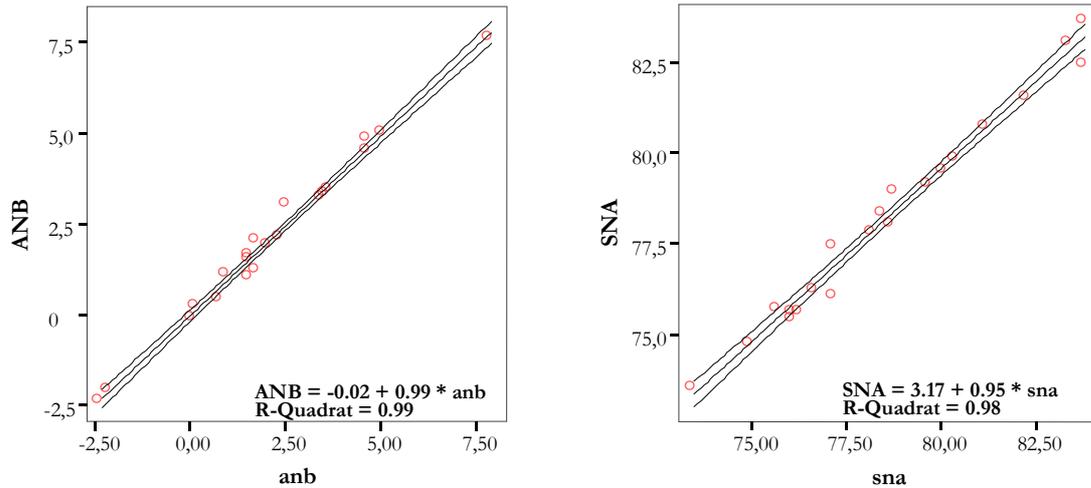


Abb. 4.6. Streudiagramme mit Regressionsgerade; hier exemplarisch für zwei Messwerte;

4.2.7.4.3. Messwiederholung

Zur Untersuchung von Messfehlern und zur Bestimmung der Messgenauigkeit kephalometrischer Auswertungen wurden bei 21 Röntgenbildern 4 Wochen nach der ersten Messung wiederholte Messungen derselbe Röntgenbilder durchgeführt.

Auch hier zeigte sich ausnahmslos eine sehr gute Übereinstimmung der Mehrfachmessung (siehe Tabelle 10.3: $n = 21$, $p \ll 0,001$).

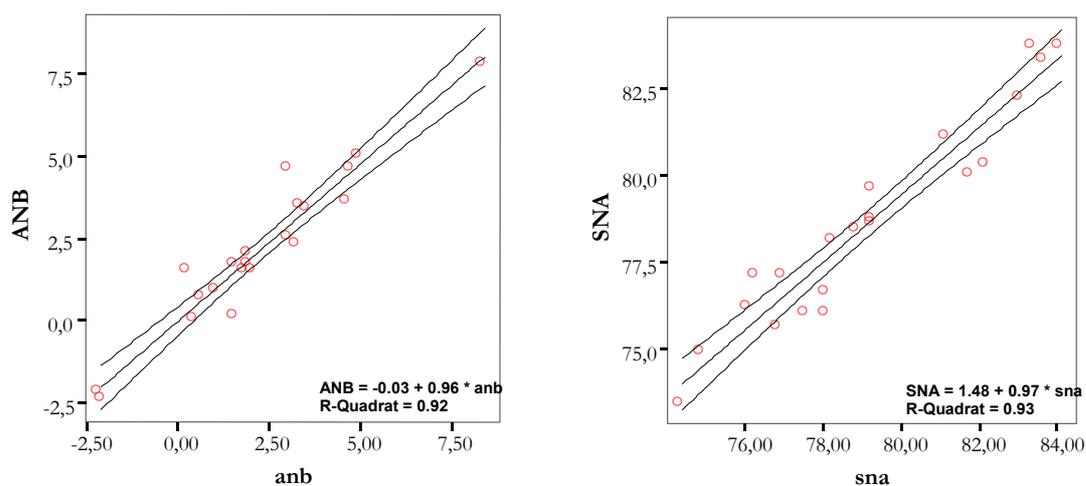


Abb. 4.7. Streudiagramme mit Regressionsgerade; hier exemplarisch für zwei Messwerte;

4.2.7.4.4. Zweimalige Durchzeichnung

Auch die Messwiederholungen, zweimaliges Durchzeichnen durch den gleichen Untersucher, zeigten generell eine sehr gute Übereinstimmung, quantifiziert durch Regressions- und Korrelationskoeffizienten (siehe Tabelle 10.4: $n=21$, $p \ll 0,001$).

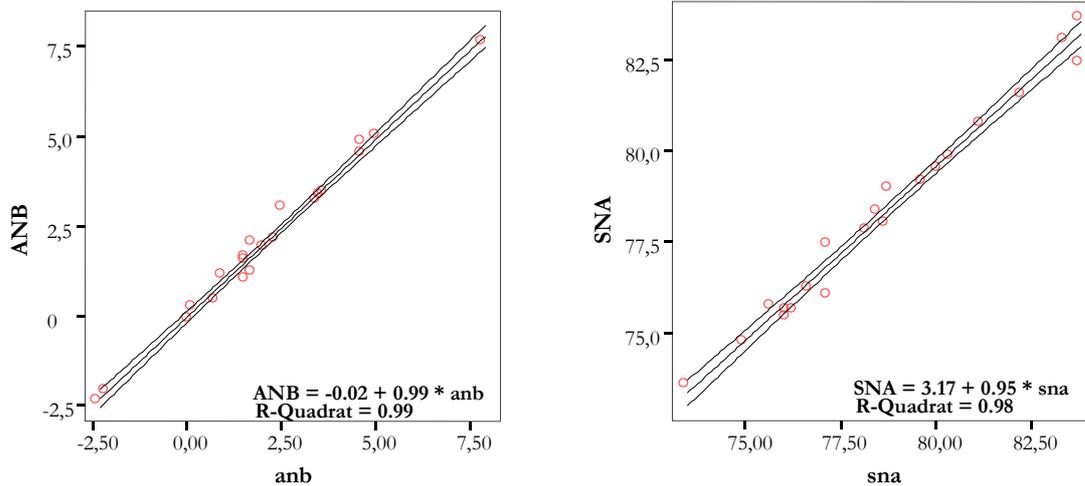


Abb. 4.8. Streudiagramme mit Regressionsgerade; hier exemplarisch für zwei Messwerte.

4.2.7.5. Prüfung der Alters- bzw. Geschlechtsabhängigkeit

Die Gleichverteilung des Geschlechts in den definierten Hauptgruppen Vertikal-Index (V-Index) und Vertikal-Interbasiswinkel (ML-NL) wurde mittels des χ^2 (Chi-Quadrat)-Tests, siehe Kap. 4.1, Abb. 4.2a,b) überprüft.

Das Vorliegen relevanter geschlechtsspezifischer Altersunterschiede zwischen den Gruppen oder relevanter Unterschiede der Zeitdauer zwischen den Untersuchungszeitpunkten T2 und T1 wurde mittels des T-Tests ausgeschlossen.

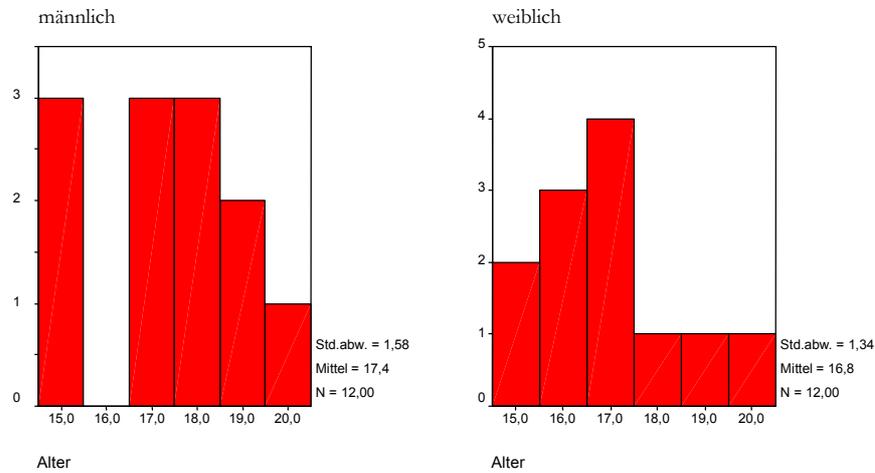


Abb. 4.9.a Altersverteilung zum Zeitpunkt des Wachstumsende (T1)

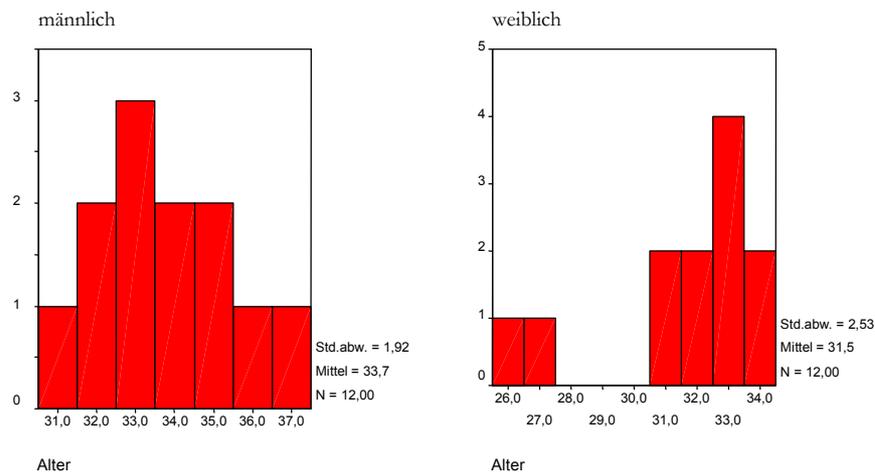


Abb. 4.9.b Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T2)

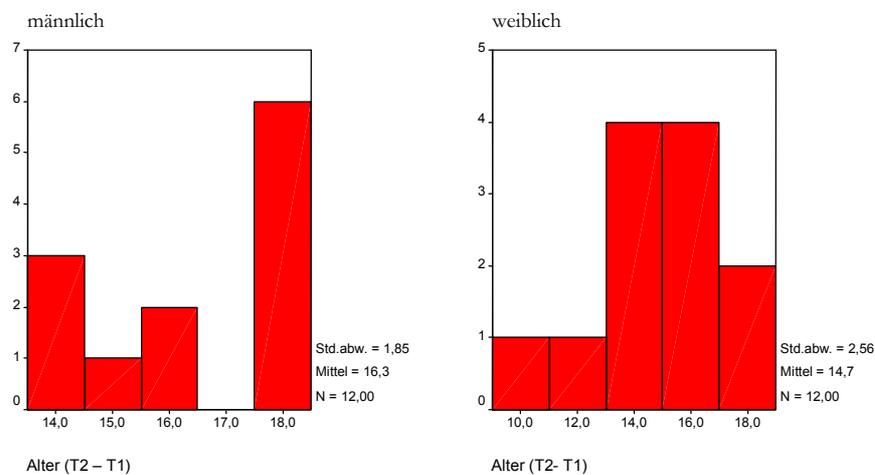


Abb. 4.9.c Verteilung der Zeitspannen zwischen Untersuchungszeitpunkten T1 und T2

Wohl zeigen sich bezüglich T2 geschlechtsspezifische Altersunterschiede (siehe Tabelle 10.7: $T=2,315$ $df=22$ $p=0,030$). Hinsichtlich der für die Untersuchung relevanten individuellen Altersunterschiede (T2-T1) zeigen sich jedoch keine, die Hauptfragestellungen beeinflussenden, relevanten Altersunterschiede.

Auch die Gleichverteilung des Geschlechts in den vertikalen Gruppen, unterteilt nach Index ($p=0,924$) und Inklination der Kieferbasen, ML-NL zueinander ($p=1$), wurde mit Hilfe des χ^2 (Chi-Quadrat)-Tests überprüft. In beiden Fällen waren keine signifikanten Unterschiede bzgl. der Geschlechtsverteilung erkennbar (siehe Tabellen 10.8-9).

ERGEBNISSE

Für alle gemessenen Parameter wurden deskriptive Statistiken und geeignete grafische Darstellungen als Histogramm, Box-Plot, oder Streudiagramm zur Veranschaulichung erstellt. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind tabellarisch dargestellt. Der statistische Vergleich zwischen den kephalometrischen Messungen zum Zeitpunkt T1 und T2 wurde mittels des T-Tests nach Student durchgeführt.

5.1. Ergebnisse der Fragestellung 1

In der Gesamtgruppe der 24 Probanden wurden verschiedene signifikante Veränderungen der linearen und angulären Parameter über den Zeitraum von T1 nach T2 beobachtet (siehe Tabelle 10.10).

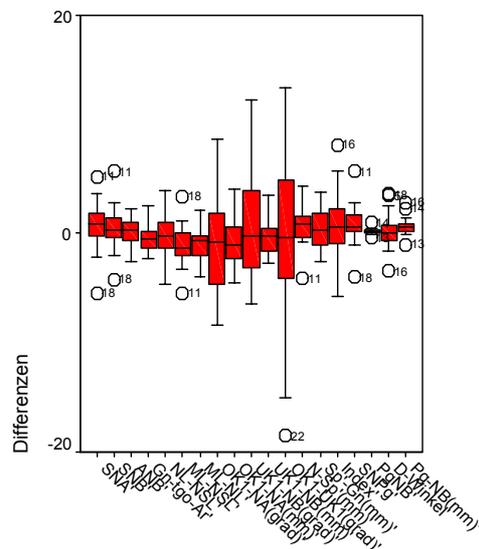


Abb. 5.1.a Boxplots – Verteilung der Differenzen aller kephalometrischen Messwerte

So vermindert sich die Inklination der Mandibula, ML-NSL, und Inklination der Kieferbasen zu einander, ML-NL, signifikant um $-1,09^\circ \pm 1,82^\circ$ ($df=23$, $T=-2,926$, $p=0,008$) beziehungsweise um $-0,85^\circ \pm 1,55^\circ$ ($df=23$, $T=-2,699$, $p=0,013$). Die anteriore obere Gesichtshöhe, N-Sp'mm, hat sich im Mittel um $0,83\text{mm} \pm 1,65\text{mm}$ vergrößert ($df=23$, $T=2,465$, $p=0,022$).

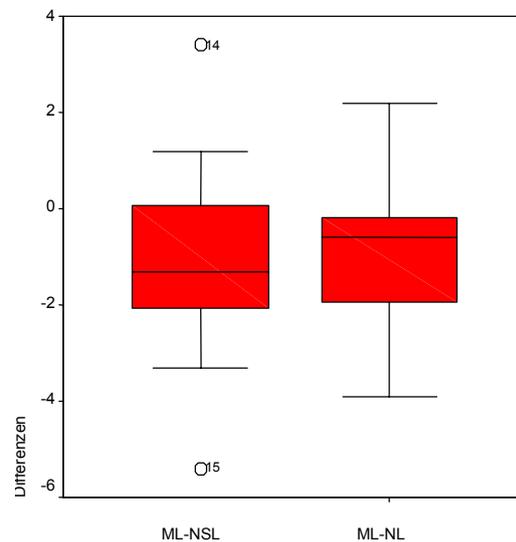


Abb. 5.1.b Boxplots – Verteilung der Differenzen der Messwerte ML-NSL und ML-NL

Die Prominenz des knöchernen Kinns erfährt eine geringe Zunahme. Diese wird beschrieben durch eine positive Veränderung des Winkels $Pg-NB^\circ$ um $+0,26^\circ \pm 0,34^\circ$ ($df=23$, $T=3,804$, $p=0,001$), und um den Abstand $Pg-NB$ um $0,69\text{mm} \pm 0,78\text{mm}$ ($df=23$, $T=4,299$, $p<0,001$).

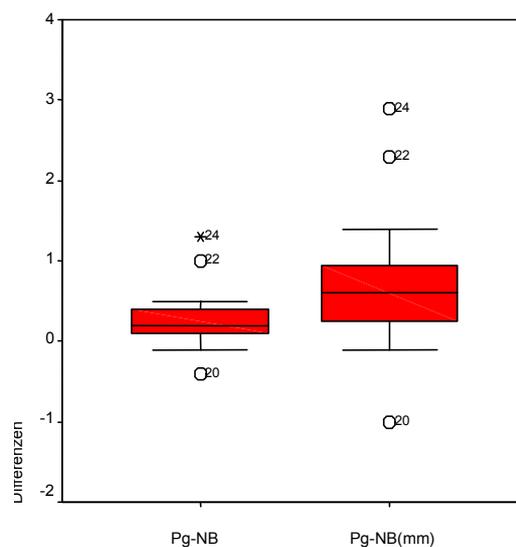


Abb. 5.1.c Boxplots – Verteilung der Differenzen der Messwerte Pg-NB und Pg-NB(mm)

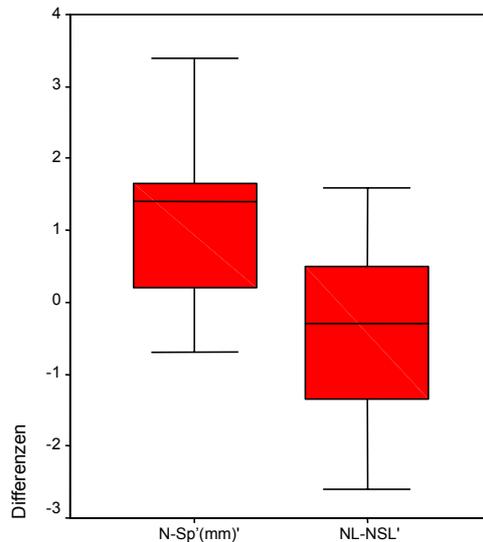


Abb. 5.2c Boxplots – Verteilung der Differenzen der Messwerte N-Sp' und NL-NSL

Nur zwei der dento-alveolären Parameter weisen statistisch signifikante Veränderungen von der Adoleszenz zur adulten Phase auf, nämlich die Position der Oberkieferfrontzähne zur Maxilla (OK1-NAmm) und die Position der Unterkieferfrontzähne zur Mandibula (UK1-NBmm). Diese Werte vermindern sich von der Adoleszenz zum erwachsenen Alter um $-1,4 \pm 2,0$ mm (df=11, $T=-2,431$, $p=0,033$) bei OK1-NA(mm) respektiv $-1,0 \pm 1,1$ mm (df=11, $T=-2,959$, $p=0,013$) bei UK1-NB(mm).

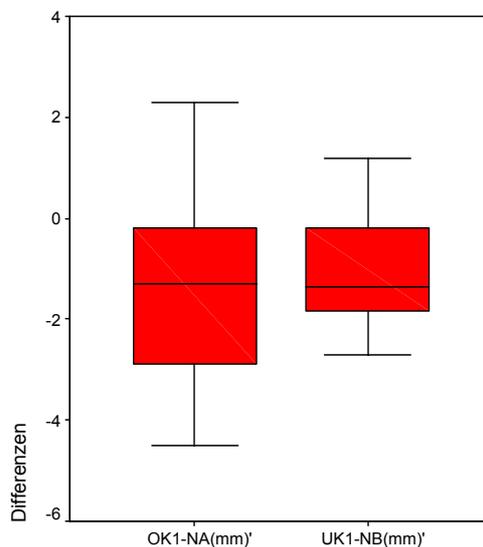


Abb. 5.2.d Boxplots – Verteilung der Differenzen der Messwerte OK1-NA(mm) und UK1-NB(mm)

Die Prominenz des knöchernen Kinns erfährt eine Zunahme, beschrieben durch den Winkel Pg-NB und den Abstand Pg-NB. Beide Parameter vergrößern sich signifikant um $+0,3 \pm 1,3^\circ$ (df=11, $T=6,76$, $p < 0,001$) respektiv $+0,7 \pm 0,4$ mm (df=11, $T=6,249$, $p < 0,001$).

5.3. Ergebnisse der Fragestellung 3

Aus den Tabellen 10.13 ist ersichtlich, dass sich nur ein einziger Parameter im Vergleich der weiblichen zu den männlichen Probanden signifikante Unterschiede zeigt: die Position der Unterkieferfrontzähne, UK1-NBmm (df=22, T=-2,59, p=0,017).

Bei den weiblichen Probanden vergrößert sich dieser Wert geringfügig um $+0,5 \pm 1,6$ mm. Bei den männlichen Probanden verkleinert sich der Wert um $-1,0 \pm 1,2$ mm.

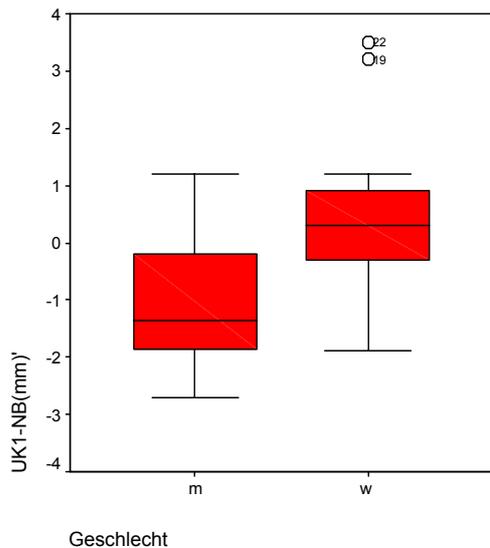


Abb. 5.4a Boxplots – Verteilung der Differenzen des Messwertes UK1-NB(mm)

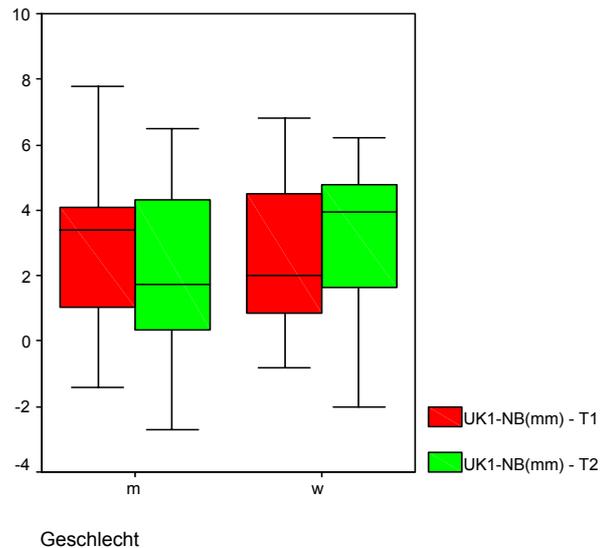


Abb. 5.4b Boxplots – Verteilung des nativen Messwerte UK1-NB(mm) zum Zeitpunkt T1 und T2

5.4. Ergebnisse der Fragestellung 4

Die vertikale Schädelanatomie hinsichtlich der Relation von Mittelgesicht zu Untergesicht, ausgedrückt als $\text{Index} = (N\text{-Sp}'/Sp'\text{-Gn}) \times 100$ hat einen Einfluss auf das Verhalten der Messparameter SNA und ML-NSL.

Zu den Ergebnissen siehe Tabelle 10.14.

Beim neutralen Gesichtstyp vergrößert sich der SNA-Winkel um $1,2^\circ \pm 1,8^\circ$ ($df=18$, $T=2,931$, $p=0,009$).

Beim tiefen Gesichtstyp verkleinert sich der SNA-Winkel um $1,2^\circ \pm 3,3^\circ$ ($df=3$, $T=-0,722$, $p=0,52$).

Die Veränderungen zueinander (mittlere Differenz = $2,42^\circ$) sind statistisch signifikant ($df=21$, $T=2,097$, $p \leq 0,048$).

Beim neutralen Gesichtstyp verkleinert sich der ML-NSL-Winkel um $1,5^\circ \pm 1,5^\circ$ ($df=18$, $T=-4,108$, $p=0,001$).

Beim tiefen Gesichtstyp kommt es tendenziell zu einer geringen Zunahme um $0,6^\circ \pm 2,3^\circ$ ($df=3$, $T=0,575$, $p=0,605$).

Die Veränderungen zueinander (mittlere Differenz = $-2,15^\circ$) sind statistisch signifikant ($df=21$, $T=-2,295$, $p=0,032$).

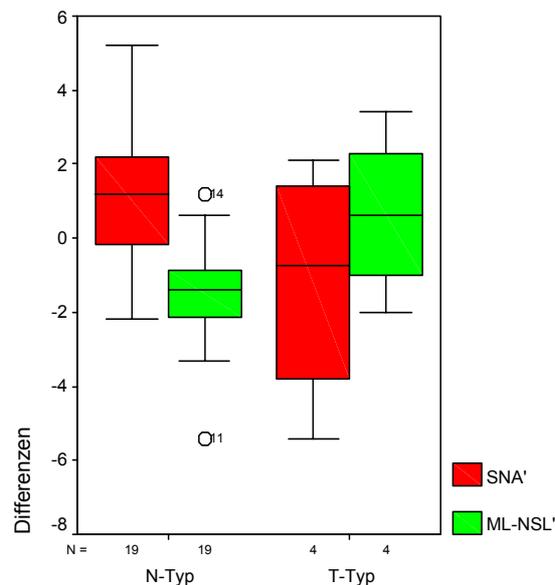
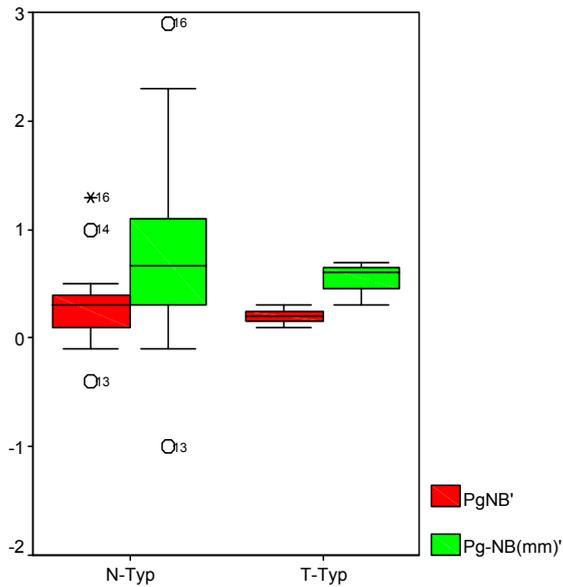


Abb. 5.5a Boxplots der Differenzen zu SNA und ML-NSL gruppiert nach Vertikal-Index.

Für $PgNB^\circ$ und $PgNB(mm)$ ergeben sich nachfolgende signifikanten Veränderungen für Typ N und T:



V-Index	Typ	Mittelwert \pm Stdw.	df	T	p
$PgNB^\circ$	N	$0,29 \pm 0,38,$	18	3,387	0,003
	T	$0,12 \pm 0,08,$	3	4,899	0,016
$PgNBmm$	N	$0,76 \pm 0,87$	18	3,805	0,001
	T	$0,55 \pm 0,17$	3	6,351	0,008

Abb. 5.5b Boxplots der Differenzen $PgNB(Grad)$ und $PgNB(mm)$ gruppiert nach Vertikal-Index.

Die vertikale Schädelanatomie ML-NL hat auch hinsichtlich des Interbasiswinkels (ML-NL) einen Einfluss auf das Verhalten der Messparameter und zwar auf $PgNB(Grad)$ und $PgNB(mm)$.

So zeigen $PgNB^\circ$ und $PgNBmm$ im Vergleichen der Differenzen der Typen 3 und 1, siehe Tabelle 10.16, signifikante Unterschiede.

Vertikal (ML-NL)	Typ	Mittelwert \pm Stdw.	df	T	p
$PgNB^\circ$	3 / 1	$-0,21^\circ \pm 0,08^\circ$	8	2,682	0,028
$PgNBmm$	3 / 1	$-0,54mm \pm 0,19mm$	8	-2,889	0,020

Desgleichen zeigen PgNB° und PgNBmm im Wachstumsvergleich (T2 – T1), siehe Tabelle 10.17, in der Gruppe 1 auffällige, in den Gruppen 2 und 3 signifikante Veränderungen.

V-ML-NL	Typ	Mittelwert ± Stdw.	df	T	p
PgNB°	1	0,75±0,05	3	3,000	0,058
	2	0,31±0,43	13	2,727	0,017
	3	0,28±0,15	5	4,715	0,005
PgNBmm	1	0,25±0,19	3	2,611	0,08
	2	0,77±0,98	13	2,931	0,012
	3	0,79±0,34	5	5,759	0,002

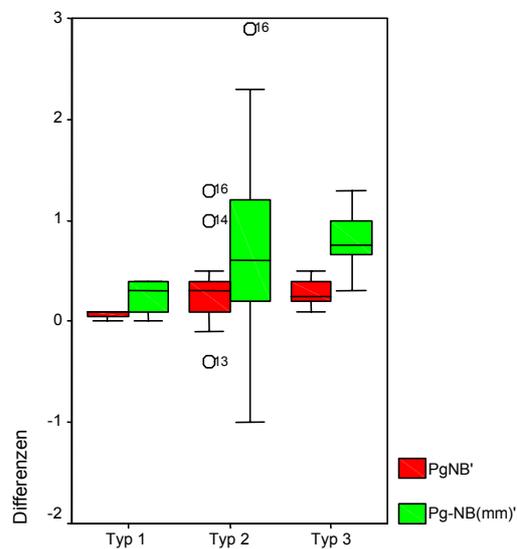


Abb. 5.7 Boxplots - kephalometrische Veränderungen bezüglich der Differenzen der Inklination der Kieferbasen zueinander, ausgedrückt durch Vertikal ML-NL.

DISKUSSION

6.1. Allgemein

Es ist allgemein bekannt, dass ein enger Zusammenhang zwischen den antero-posterioren und den vertikalen Komponenten des Gesichtswachstums besteht, beeinflusst durch das relative Ausmaß und die Richtung des Wachstums bezüglich dieser beiden Dimensionen²⁹.

Eine wesentliche Erkenntnis der bisherigen Untersuchungen ist, dass die Vorwärtsbewegung der Mandibula zu gleichen Teilen, sowohl von der Richtung, als auch vom Ausmaß des kondylären Wachstums (wenn nicht noch mehr hierdurch) in Beziehung steht. Darüber hinaus scheint der wesentliche Faktor bezüglich der Richtung des kondylären Wachstums das Ausmaß des vertikalen Wachstums des Mittelgesichts^{92, 127} zu sein.

Bezüglich der Dimension des Gesichtswachstums müssen unvorhersehbare Veränderungen, sowohl der Proportion (Ausmaß des Wachstums), als auch der Position (Wachstumsrichtung), in Betracht gezogen werden. Ein komplizierender Faktor ist, daß männliche und weibliche Individuen sich bezüglich des Zeitpunkts und der Richtung ihres Gesichtswachstums zu unterscheiden^{36, 67} scheinen.

Während des größten Teils der Periode der dento-facialen Entwicklung folgt das Wachstum von Maxilla und Mandibula einem Muster, welches von Schudy^{126, 127} und Issacson⁶⁹ vorgeschlagen wurde: das vertikale Wachstum der Kondylen muss die Summe des vertikalen Wachstums der Komponenten des Mittelgesichts, wie auch die vertikale Entwicklung des maxillären und mandibulären Alveolarprozesses ausgleichen oder übersteigen, bevor kondyläres Wachstum als Vorwärtsänderung bezüglich der mandibulären Position zum Ausdruck kommt. Bevor also Vorwärtswachstum des Mandibula zum Ausdruck kommt muß mehr vertikales mandibuläres Wachstums als vertikales Mittelgesichtswachstum vorhanden sein.

Bei dem so oft beschriebenen „späten mandibulären Wachstum“ handelt es sich in Wirklichkeit keinesfalls um eine Zunahme der mandibulären Wachstumsgeschwindigkeit. Untersuchungser-

gebnisse zeigen, dass sich die jährliche Rate des mandibulären Wachstums nach der Pubertät insbesondere bei Mädchen verringert. Die Zunahme der mandibulären Prognathie scheint mit dem verfügbaren mandibulären Wachstum in Beziehung zu stehen, welches sich in anteriorer Richtung ausdrückt, da es eine gleichzeitige vertikale maxilläre Entwicklung nicht gibt. Daher resultiert eine (bissschließende) Rotation der Mandibula nach anterior als Verringerung der Mandibularebene und des ANB-Winkels¹³⁴.

Das Ausmaß, mit dem diese späte mandibuläre Rotation zum Ausdruck kommt, wird von der Morphologie der Mandibula und der kondylären Wachstumsrichtung bestimmt. Je kleiner der Gonial-Winkel und desto vertikaler die Richtung des kondylären Wachstums, umso größer ist die Wahrscheinlichkeit für die o.g. Rotation der Mandibula^{64, 93}.

Wie von Björk und Skeiller²⁹ vermutet, sind Veränderungen bezüglich der Zahnposition eng mit Veränderungen und Richtung des dento-facialen Wachstums verbunden. Diese Veränderungen werden von Björk und Skeiller als „dentale Kompensation“ den skelettalen Dysharmonien zur Aufrechterhaltung der Integrität der Okklusion beschrieben.

Das Konzept bezüglich der zentralen Rolle des Mittelgesichtes und insbesondere der Maxilla als bestimmender Faktor für Ausmaß und Richtung des dento-facialen Wachstums ist nicht neu^{36, 90, 127, 128}.

Angenommen die Maxilla spielt eine zentrale Führungsrolle für die Entwicklung des dento-facialen Komplexes, in der dem Ausmaß des vertikalen maxillären Wachstums eine besondere Bedeutung zukommt, insbesondere wenn dieses durch für die Wachstumsentwicklung schädliche Gewohnheiten oder respiratorische Probleme negativ beeinflusst wird, so könnten einige Prinzipien der Mechanotherapie zur Anwendung kommen. Die Anwendung von vertikale Komponenten des high-pull Headgears hat gezeigt, dass die (Beendigung oder) mechanische Inhibition des vertikalen maxillären Wachstums zu einer größeren anterioren Komponente des mandibulären Wachstums führt³⁶. Man könnte spekulieren, dass der lediglich mit einer zervikalen Komponenten ausgerichtete Headgear, insbesondere, wenn er die Extrusion der maxillären Molaren begünstigt, die vertikale maxilläre Höhe vergrößert und demzufolge die mandibuläre Rotation nach anterior verringert und somit die Korrektur eine skelettalen Klasse II Malokklusion verlangsamt¹³⁴.

Baumrind und Kollegen¹² konnten jedoch zeigen, dass eine wohlkontrollierte Anwendung des zervikalen Headgears bei Patienten eine signifikante Zunahme der mandibulären Länge, bei

minimaler Zunahme der vertikalen maxillären Höhe, gegenüber der unbehandelten Kontrollgruppe verursacht.

Funktionskieferorthopädische Geräte, die entweder die Eruption mandibulärer oder maxillärer Molaren ermöglichen, erlauben es diesen Zähnen, als Drehpunkt zu wirken und somit die (bissschließende) Rotation der Mandibula nach anterior zu verhindern⁶⁸.

Die Wachstumstheorie nach Enlow

Bei den obengenannten Vorgehensweisen werden prominente skelettale Bezugspunkte und relativ stabile oder fixe Strukturen, wie die skelettale kraniale Basis und die Sella turcica, als Referenzpunkte ausgewählt. Zeichnungen, von Serienkephalogrammen angefertigt, werden in der Weise übereinander gelegt, dass sich diese Referenzpunkte überlagern. Diese Methode ermöglicht die Auswertung von „relativen“ Wachstumsbewegungen und erlaubt die genaue Vermessung von Knochen oder Teilen davon⁴¹. Die aktuelle Richtung des Wachstums korrespondiert häufig nicht mit solchen relative Wachstumsbewegungen, da der Prozess einer „Vorwärtsbewegung“ sowohl maxilläres als auch mandibuläres Wachstums beinhaltet⁴¹.

Da nahezu alle Teile der wachsenden Knochen in allen Regionen des Schädels unabhängig voneinander lokalen Wachstums- und Remodelierungsvorgänge unterliegen, gibt es keine stabilen oder fixen Referenzpunkte, die es ermöglichen, genaue Zeichnungen der progressiven Wachstumsbewegungen an sich anzufertigen. Die Sella turcica kann für diesen speziellen Zweck nicht herangezogen werden, da die remodellierenden Prozesse in der Maxilla selbst von dieser nicht verwandten Struktur unabhängig verlaufen. Naturgemäß gibt es in einem wachsenden Knochen keine fixen Punkte. Alle Teile der gesamten Knochen einschließlich des kranio-facialen Skelettes unterliegen mehr oder weniger remodellierenden Bewegungen während der gesamten Wachstumsphase.

Die remodellierenden Veränderungen, welche die Größenzunahme begleiten, dienen dazu, Form und Dimensionen jeder lokalen Region anzupassen, da sie kontinuierlich in ihrer Position verändert werden⁴¹.

Die Arbeit Enlows⁴² hat die Remodellierung von Oberflächen und die Verlagerung von Knochen, hervorgerufen durch die Aktivität in bestimmten Wachstumszentren, dargelegt. Das Kind wird einem ausgedehnten Wachstum unterworfen bis es Erwachsenenform angenommen

hat. Das Wachstum des Adulten ist weniger dramatisch. Veränderungen werden durch Remodellierung der Oberflächen hervorgerufen.

Nach Enlow⁴² gibt es zwei unterschiedliche Kategorien mandibulärer Rotation. Eine davon ist der „displacement“ Typ. Er beinhaltet die Rotation der gesamten Mandibula. Diese wird verursacht durch Veränderungen des kondylären Kontaktes, sowohl in Bezug zur kranialen Basis, als auch zur Maxilla. Das Ausmaß und die anguläre Position dieser getrennten Anteile beeinflussen die daraus folgende rotatorische Position der Mandibula.

Die zweite Kategorie ist der „remodeling“ Typ der Rotation. Dieser gründet sich auf resorbierende und apositionierende Wachstumsprozesse und verursacht anguläre, wie auch dimensionale Veränderungen im Ramus und im Korpus der Mandibula. Die daraus entstehenden „Rotationen“ erfolgen relativ zueinander.

Zusammengefasst gibt es in der Literatur widersprüchliche Ergebnisse bezüglich der dento-facialen Veränderungen. Diese Unterschiede sind möglicherweise auf eine Reihe verschiedener Kofaktoren zurückzuführen: unterschiedliche Altersspektren der verschiedenen Studien, Unterschiede bezüglich des Zeitpunkts und der Zeitspannen der Nachuntersuchungen, Unterschiede zwischen den untersuchten Populationen, unterschiedliche Anzahl von Personen, die zu einem bestimmten Alter untersucht wurden, sowie unterschiedliche Methoden der Röntgentechnik.

Darüber hinaus basieren einige der Studien auf Querschnitts- oder gemischten Longitudinaldaten zur Berechnung der adulten kranio-facialen Veränderungen. Solche strukturellen Unterschiede erschweren die Interpretation der auf das Alter beruhenden Veränderungen und erklären möglicherweise einige der Widersprüche der erwähnten Untersuchungen.

Die vorliegende Studie untersucht zwei verschiedenartige Veränderungen in voneinander abhängigen Regionen des kranio-facialen Komplexes: skelettale und dento-alveoläre Veränderungen von der späten Adoleszenz bis zum mittleren Erwachsenenalter.

6.2. Skelettale Veränderungen

Veränderungen der skelettalen kranio-facialen Morphologie nach Beendigung der Periode des pubertären Wachstums sind zwar von geringem Ausmaß, nichtsdestoweniger jedoch von klinischer Bedeutung. In der konventionellen Kieferorthopädie kann die Kenntnis dieser Veränderungen unser Verständnis der häufig nach kieferorthopädischen Behandlungen auftretenden postretentiven Veränderungen verbessern. In kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Fällen sind diesen Veränderungen möglicherweise für die Planung der Behandlung und für die Beurteilung der Behandlungsergebnisse von Bedeutung.

Wie in Abb. 6.1. und 6.2. zu sehen, sind die skelettalen Profile durchschnittlicher männlicher und weiblicher Probanden zum Zeitpunkt T1 und T2 verschieden.

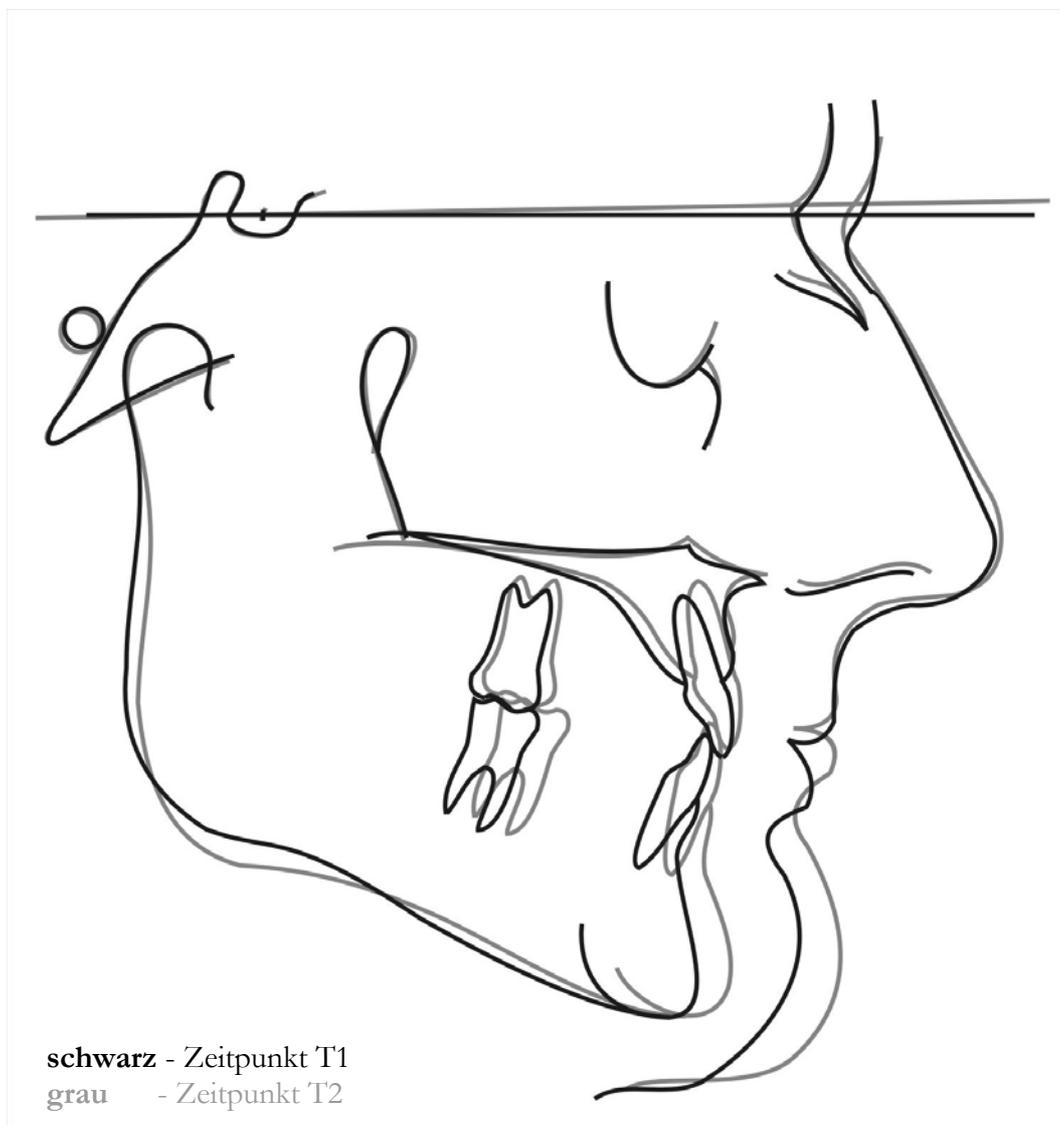


Abb. 6.1. Überlagerung Zeitpunkt T2/T1 bei männlichen Probanden

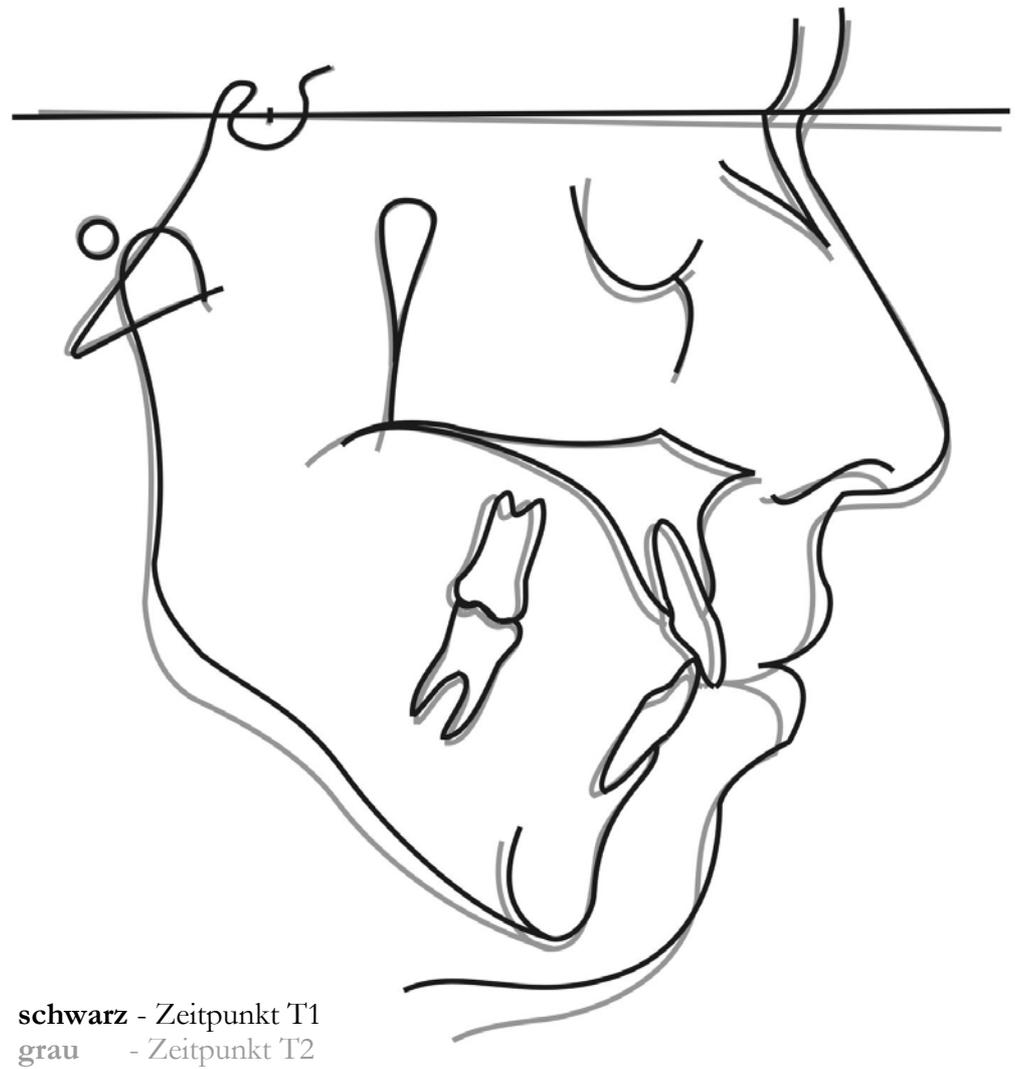


Abb. 6.2. Überlagerung Zeitpunkt T2/T1 bei weiblichen Probanden

Offensichtlich sind Veränderungen zwischen T1 und T2 eingetreten. Das bedeutet, dass sich das Gesichtswachstum in das Erwachsenenalter hinein fortsetzt. Es stellt sich die Frage nach dem Einfluss der funktionskieferorthopädischen Behandlung mit dem Bionator in Hinblick auf das Gesamtgesichtswachstum nach Abschluss der aktiven skelettalen Wachstumsphase.

Maxilla

Die Maxilla (Punkt A, SNA-Winkel) bewegt sich sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen nach vorne. Das Ausmaß dieser Vorwärtsbewegung ist jedoch statistisch nicht signifikant.

In der zu Punkt N relativen Vorwärtsbewegung der Maxilla sind tendenzielle Unterschiede hinsichtlich der vertikalen Schädelanatomie nachweisbar. Beim neutralen Typ bewegt sich die Maxilla relativ nach vorne, beim tiefen Typ relativ nach hinten.

Das effektive Mittelgesichtswachstum könnte das Ergebnis einer Vorverlagerung der maxillären Referenzpunkte sein, die sowohl auf einer Vorverlagerung der Maxilla als ganzes, als auch auf einer Rückverlagerung der Kondylen beruht.

Die Ergebnisse bezüglich des SNA-Winkels erfordern eine sorgfältige Interpretation. Diese angulären Veränderungen könnten möglicherweise durch eine Veränderung der Kieferbasen zueinander oder durch eine Veränderung der Zahnachse ohne skelettale Veränderungen hervorgerufen werden.

Die Vorwärtsbewegung der gesamten Maxilla als Ergebnis eines Längenwachstums wurde von Björk und Skieller³⁰ dokumentiert. Sie untersuchten Individuen mit intraossären Metallimplantaten in der kranio-facialen Region.

Das beobachtete Längenwachstum der Maxilla war in Richtung Os palatinum gerichtet. Dies hatte eine Verlagerung der Maxilla nach anterior zu Folge. Ähnliche Ergebnisse wurden von Kendrick und Risinger⁸⁹, Behrents¹³ und Bishara et al²⁰ gefunden. Dagegen fanden Israel⁷¹ und Forsberg und Odenrick⁵¹ keine signifikante Zunahme der maxillären Länge bei den von ihnen untersuchten Erwachsenen.

Mandibula

Die Mandibula (Punkt B, SNB-Winkel, PgNB(Grad), PgNBmm; SNPg) verändert sich in beiden Gruppen kaum.

Die Prominenz des knöchernen Kinns, beschrieben durch den Winkel PgNB, verändert sich sowohl in der männlichen Gruppe, als auch in den beiden vertikalen Typen: Typ 1 (ML-NL großer Winkel) und Typ 3 (ML-NL kleiner Winkel)

Da beide, sowohl der SNB- als auch der SNPg-Winkel, sich auf dieselbe Referenzlinie SN beziehen, bedeutet eine unterschiedliche Zunahme derselben eine Veränderung in der Position von Punkt B und Pogonion zueinander und zur Referenzlinie.

Björk²⁵ und Enlow⁴² weisen daraufhin, dass das Areal von Punkt B sich über die Zeit resorptiv, das Pogonion eher appositiv verhält. Vor diesem Hintergrund könnte man den Unterschied bezüglich des Ausmaßes der Zunahme von SNB und NSPg (PgNB) zumindest teilweise als das Ergebnis remodellierender Prozesse interpretieren, welche die allgemeine Verlagerung der Mandibula begleiten.

Intermaxilläre Messungen (ANB-Winkel)

Die beobachteten ANB-Veränderungen zeigen in beiden Gruppen keine statistische Signifikanz.

Die Ergebnisse von SNA, SNB und ANB bedürfen einer sorgfältigen Interpretation. Woodside¹⁴⁰ wies darauf hin, dass diese angulären Umbauvorgänge durch Veränderungen der Position der Incisivi ohne skelettale Veränderungen hervorgerufen werden können. Er erwartet während der funktionskieferorthopädischen Behandlung ein aufholendes mandibuläres Wachstum und ein vermindertes Wachstum nach Beendigung der funktionskieferorthopädischen Behandlung.

Cruser³⁸ berichtete, dass sich der ANB-Winkel auch nach Abschluss der Behandlung weiter verringert. Er führte diese Verminderung des ANB-Winkels auf eine mittlere Abnahme des SNA-Winkels und weniger auf eine Zunahme des SNB-Winkels zurück.

Inklination der Kieferbasen (NL-NSL-Winkel, ML-NSL-Winkel, ML-NL-Winkel)

In der vorliegenden Studie beobachteten wir bezüglich der Inklination der Kieferbasen in beiden Gruppen (weiblich und männlich) eine leichte, wenn auch nicht signifikante anteriore Rotation der Maxilla.

In der Gruppe der weiblichen Probanden sehen wir eine stärkere, aber nicht signifikante anteriore Rotation der Mandibula. In der Gruppe der männlichen Probanden ist die anteriore Rotation der Mandibula (ML-NSL) deutlicher ausgeprägt und statistisch signifikant ($p \leq 0,020$).

Beim neutralen Gesichtstyp verkleinert sich der ML-NSL-Winkel. Beim tiefen Gesichtstyp kommt es tendenziell zu einer geringen Zunahme. Die Veränderungen zueinander sind statistisch signifikant.

Bezüglich des Interbasalwinkels wird in der Gesamtgruppe eine signifikante Verkleinerung beobachtet.

Eine mögliche Erklärung für die Rotation von Maxilla und Mandibula ist die Interaktion des Wachstums der Mandibula in der sagittalen und vertikalen Richtung.

Nach Schudy¹²⁸ besteht „der Kernpunkt eines jeden kieferorthopädischen Problems in dem Verhältnis zwischen vertikalem und horizontalem Wachstum. Die Schwierigkeit liegt jedoch darin, daß die vertikale Komponente des Wachstums das horizontale Wachstum begrenzt.“.

Schudy¹²⁷ konstatierte, dass das kondyläre Wachstum nicht zur Abwärtsverschiebung des Pogonions beiträgt. Das gesamte kondyläre Wachstum verschiebt das Pogonion nach vorne, falls es nicht durch ein vertikales Wachstum der Maxilla beeinflusst wird.

Häufig wird eine allein durch Wachstum verursachte Kippung beider Enden der Palatinaebene beobachtet. Zumeist ist ein Ende nach unten und das andere nach oben gerichtet. Dieses Phänomen tritt kurz vor, oder am Ende der Wachstumsperiode auf. Ursache und Wirkung dieses eigenartigen Phänomens sind bis heute nicht bekannt. Eine Kippung des hinteren Endes dieser Ebene nach unten geht im Allgemeinen mit einer „Abflachung“ der Mandibularebene einher. Diese Beobachtung kann durch die Ergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung bestätigt werden.

West und McNamara¹³⁹ berichteten bei Frauen über eine Rotation der Mandibula nach posterior, während bei Männern eine Rotation der Mandibula nach anterior zu beobachten war. Bei Männern wurde eine größere Längenzunahme der Mandibula gegenüber den Frauen festgestellt. Diese Längenzunahme allein erklärt jedoch nicht das unterschiedliche Rotationsverhalten der Mandibula bei Männern und Frauen. Ähnliche Beobachtungen wurden von Behrents¹³ angegeben.

Forsberg und Odenrick⁵¹ berichteten sowohl bei Männern als auch Frauen über eine posteriore Rotation der Mandibula. Sie fanden keine signifikanten Veränderungen bezüglich der Länge der Mandibula, sondern erklärten die Veränderungen des Profils als Ergebnis der mandibulären Rotation, offensichtlich in Folge kontinuierlicher Zahneruption.

Bishara und Mitarbeiter²⁰ hingegen beobachteten bei Männern und Frauen eine signifikante Zunahme der mandibulären Länge und fanden eine auffällige Rotation der Mandibula nach posterior bei Frauen, welche zur Zunahme der Konvexität des Gesichtsprofils beiträgt. Darüber hinaus gaben Kendrick und Risinger⁸⁹ bei erwachsenen Männern eine Bewegung des Kinns nach anterior innerhalb eines Jahres an.

Eine mögliche Erklärung, dass in der hier vorliegenden Untersuchung sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern eine anteriore Rotation der Mandibula beobachtet wurde, könnte in der Tatsache begründet sein, dass es sich bei den hier untersuchten Probanden sämtlich um Bionator-behandelte Patienten handelt. Bei der in beiden Gruppen beobachteten anterioren Rotation der Mandibula könnte es sich in manchen Fällen um ein Rezidiv des „dual bite“ handeln. Da zum Zeitpunkt T1 ein Gesichtsbogenregistrat nicht angefertigt wurde, kann diese Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden.

Kieferwinkel

Wir haben keine Veränderungen des Gonialwinkels gefunden. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von Forsberg, Carlsson und Israel^{35,52,71}.

Sinclair¹³⁴ fand eine Verkleinerung des Kieferwinkels. Diese Verkleinerung korreliert eng mit der Abnahme des Inklinationswinkels der Mandibula (ML-NSL-Winkel) und mit der Zunahme der anterioren Gesichtshöhe. Möglicherweise hat auch die Eruption der mandibulären Molaren einen stärkeren Einfluss auf die Veränderungen im Kieferwinkel.

Vertikale Veränderungen

Bei den männlichen Probanden zeigt unsere Studie eine signifikante Zunahme der oberen Gesichtshöhe N-Sp` im Zeitraum T1 bis T2. Die untere Gesichtshöhe Sp`-Gn vergrößert sich, jedoch statistisch nicht signifikant. Nach Bishara¹⁹ „manifestiert sich zusätzliches mandibuläres Wachstum überwiegend in der vertikalen und weniger in der horizontalen Richtung“.

Die Langzeitstudie von Ahlgren¹ über die Behandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten ergab, dass die Behandlung eine deutliche Zunahme der unteren Gesichtshöhe (bite-raising) zur Folge hatte. Er fand jedoch keine Hinweise für eine posteriore wachstumsbedingte Rotation der Mandibula

6.3. Dentale Veränderungen

Inklination der OK-, UK-Frontzähne (OK1-NA°; OK1-NA mm; UK1-NB°; UK1-NB mm; OK1-UK1°)

Die Veränderungen der Zahnstellung in der Maxilla wurden durch Überlagerungen von Röntgenaufnahmen an der unteren Begrenzung des Corpus maxillae festgestellt. Veränderungen der mandibulären Zahnstellung wurden in gleicher Weise durch Überlagerung von Röntgenbildern am vorderen Kinnuriss, der inneren Kontur der Kortikalplatte, am unteren Symphysenrand und der Kontur des Canalis mandibularis erfasst. Diese Vorgehensweise basiert auf Björk's „natürlichen Bezugstrukturen“⁶³¹.

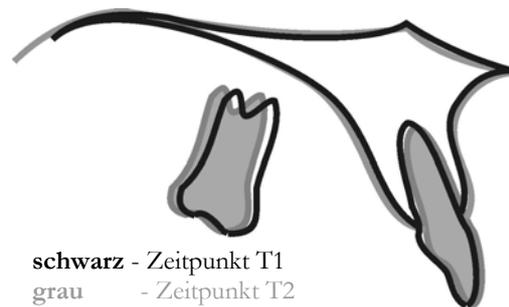


Abb.6.3 Überlagerung OK, T2/T1 bei Frauen

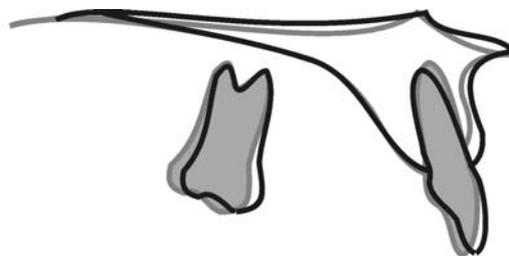


Abb.6.4 Überlagerung OK, T2/T1 bei Männer

Aus partiellen röntgenologischen Überlagerungen der Maxilla geht in dieser Arbeit hervor, dass die Schneidezähne bei weiblichen Probanden (Abb.6.3) ihre facio-palatinal Position behalten. Bei männlichen Probanden (Abb.6.4) richten sich die Kronen der Schneidezähne nach palatinal auf. Diese Aufrichtung der Schneidezähne bei männlichen Probanden wird auch von Behrents¹³ beschrieben, wobei er den identischen Vorgang auch bei weiblichen Probanden beobachtete. West und McNamara¹³⁹ fanden bei weiblichen Probanden ebenfalls eine Aufrichtung der Schneidezähne. Sie konnten im Gegensatz zu den Ergebnissen der hier vorliegenden Arbeit bei männlichen Probanden jedoch keine Aufrichtung nach palatinal feststellen.

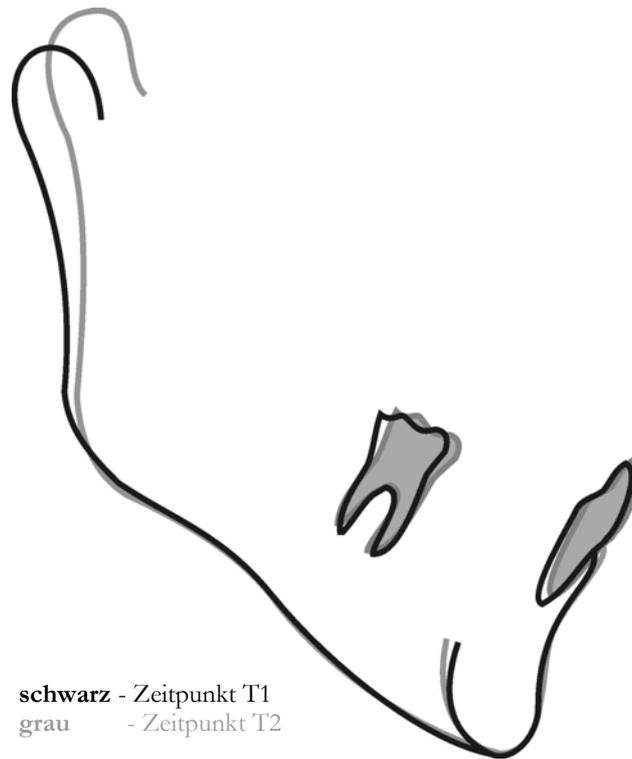


Abb.6.5 Überlagerung UK, T2/T1 bei Frauen



Abb.6.6 Überlagerung UK, T2/T1 bei Männer

Aus Abbildung 6.6 geht hervor, dass bei männlichen Probanden sowohl die Unterkieferfrontzähne als auch die Seitenzähne eruptierten und sich nach posterior (distal) bewegten. Diese distale Bewegung der Zähne ist eine unerwartete Beobachtung, da allgemein angenommen wird, dass sich alle Zähne mit dem Alter nach mesial verlagern.

Die vertikale Bewegung resultiert aus der kontinuierlichen dentalen Eruption, dem alveolären Wachstum, oder beidem und erfolgt wahrscheinlich kompensatorisch, damit die Okklusion während des skeletalen Wachstums ständig aufrecht erhalten werden kann.

Die hier beobachtete Eruption und Bewegung der Zähne nach distal bestätigt die Ergebnisse von West und McNamara¹³⁹. Behrehts¹³ fand bei männlichen Probanden ebenfalls, dass die Molaren der Mandibula eruptierten und mit dem Alter nach distal kippten. Björk^{23,29} beobachtete diese Veränderungen ebenfalls bei bestimmten Gesichtstypen.

Bei weiblichen Probanden (Abb. 6.5) zeigte sich eine andere Situation. Ihre Zähne bewegten sich nach anterior (mesial). Diese Bewegungen kompensieren möglicherweise die verschiedenen Arten des differenzierten mandibulären Wachstums.

Die Arbeiten von Schaeffer¹²⁴, Litowitz⁹⁶, Björk^{21,24} zeigen, dass sich die Unterkieferincisivi nach der Behandlung nach lingual aufrichtet. West und McNamara¹³⁹ fanden, dass sich die Oberkieferincisivi vom frühen zum mittleren Erwachsenenalter nach labial aufrichtet. Diese Veränderungen waren jedoch statistisch nicht signifikant. Durch partielle Überlagerungen der Maxilla wurde beobachtet, dass die Incisivi bei Männern nur wenig eruptierten und in ihre faciopalatalen Position unverändert blieben, während bei Frauen die Incisivi in einem sehr viel größeren Ausmaß eruptierten und sich die Zahnkronen nach palatinal aufrichteten. Die Aufrichtung der Incisivi bei Frauen wird durch Ergebnisse von Behrehts bestätigt¹³. Behrehts beobachtete bei Männern eine Rotation der Mandibula nach anterior und bei Frauen eine Rotation nach posterior, begleitet von kompensatorischen dentalen Veränderungen. Die Oberkieferincisivi richteten sich in beiden Geschlechtern mit zunehmendem Alter auf. Die Veränderungen der Unterkieferincisivi waren jeweils widersprüchlich.

Wie von Björk und Skeiller²⁹ vermutet, wurde auch von Sinclair und Little¹³⁴ gefunden, dass die Zahnposition bezüglich Ausmaß und Richtung eng mit den Veränderungen des dentofacialen Wachstums korreliert. All diese Veränderungen korrelieren sehr gut mit dem Ausmaß der vertikalen Gesichtsentwicklung und mit der Richtung des mandibulären Wachstums. Die anguläre Inklination der Incisivi verbleibt erstaunlich konstant; möglicherweise durch „funktionelle Stabilisierung“ trotz geänderter Wachstumsmuster²⁹. Mit Björk's Methode der

mandibulären Überlagerung zeigte Sinclair¹³⁴ insbesondere bei Männern eine Vorwärtsbewegung der mandibulären Incisivi als Antwort auf das mandibuläre Kondylenwachstum. Diese Veränderungen zeigten bemerkenswerte Ähnlichkeit mit jenen von Björk and Skeiller²⁹. Sie wurden von diesen als „dentale Kompensation“, als Antwort auf skelettale Veränderungen zu Aufrechterhaltung der Integrität der Okklusion beschrieben.

Obwohl mehrere Untersucher^{29, 65, 66, 68, 92, 94, 98} annahmen, dass Ausmaß und Richtung des facialis Wachstums zum Teil für die Veränderungen der Position der mandibulären Incisivi verantwortlich seien, konnten andere Autoren^{55, 134} keine signifikante Korrelation zwischen skelettalen und dentalen Veränderungen feststellen.

Nach Horowitz und Hixon⁶² ist “der entscheidende Punkt, dass die kieferorthopädische Therapie den Verlauf der physiologischen Veränderungen für eine bestimmte Zeit verändern, zeitweise sogar umkehren kann; jedoch der entwicklungsbedingte Reifungsprozess nach mechanischer Therapie und einer Periode der forcierten Retention zum Erliegen kommt“.

Die Veränderungen die Zahninklination werden als kompensatorische Mechanismen angenommen, welche dazu dienen, das Gleichgewicht zwischen den verschiedenen funktionellen und strukturellen Erfordernissen des Gesichtes und der Zahnstellung aufrecht zu erhalten. Wenn diese Mechanismen behindert sind, resultiert Malokklusion^{29, 68}.

Wir haben keine Veränderung der Interincisalwinkel gefunden. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von Forsberg⁵¹ und West und McNamara¹³⁹. Bishara²⁰ fand eine Vergrößerung des Winkels im frühen Erwachsenenalter. Sinclair und Little¹³⁴ berichteten ebenfalls über eine Vergrößerung dieses Wertes. Bei Männern wurde eine größere Zunahme als bei Frauen festgestellt. Behrents^{13, 14} hingegen beobachtete keine Veränderung des Interincisalwinkels bei weiblichen Probanden, jedoch eine Verkleinerung des Interincisalwinkels bei männlichen Probanden

KLINISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus der hier vorliegenden Arbeit ergeben sich verschiedene praktische Konsequenzen für den klinisch tätigen Kieferorthopäden.

Auswirkungen auf den Interincisalwinkel.

Verschiedene Arbeitsgruppen haben die progressive Aufrichtung der Incisivi im Zusammenhang mit zunehmender Reifung von Ober- und Unterkiefer beschrieben. Diese Aufrichtung scheint primär das Ergebnis der funktionellen Kräfte in der Region der Incisivi im Kontext des Vorwärtswachstums der Mandibula zu sein. Die Art und Weise, wie die Incisivi das Restwachstum kompensieren, bestimmt nicht nur den zukünftigen Interincisalwinkel, sondern ist auch Funktion der Größe dieses Winkels am Ende des Wachstums. Die Größe dieses Winkels und die Position der Incisalkanten von Ober- und Unterkieferincisivi am Behandlungsende werden in einem hohem Maße durch die einwirkenden Kräfte während des Restwachstums bestimmt.

Nach Schudy's Theorie¹³⁰ gilt Folgendes: Sind die Schneidezähne so positioniert, dass der untere den oberen Incisor auf einem Drittel der Höhe seiner palatinalen Fläche berührt, ist es für den unteren Incisor einfacher, weiter entlang der palatinalen Oberfläche des oberen Incisors zu gleiten, so dass sich der Interincisalwinkel in dem Maße vergrößert, wie die unteren Incisivi das Restwachstum durch eine Verlagerung nach lingual kompensieren.

Wenn die Incisalkanten der oberen und unteren Incisivi am Ende der Behandlung mit einem Overjet verbleiben, können sich die unteren Incisivi sozusagen „nach Belieben“ einstellen. Sie können nach vertikal, hinter die oberen Incisivi wachsen, oder sie können während der anterioren Rotation im Zuge des Restwachstums der Mandibula nach vertikal wachsen und sich nach lingual hinter den oberen Incisivi aufrichten. Beide Möglichkeiten führen zu einer Vergrößerung des Interincisalwinkels.

Bezüglich der Veränderungen nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung ist eine ideale Positionierung der oberen und unteren Incisivi in Relation zueinander wünschenswert. Eine

Positionierung in Richtung Kopfbiss würde die funktionellen Kräfte in die Nähe der Incisalkante platzieren und die Aufrichtungstendenz dieser Zähne bei weiterem mandibulärem Wachstum minimieren. Dies würde insbesondere für den Fall eines nicht zu großen Interincisalwinkels am Behandlungsende zutreffen und so eine Aufrichtung erleichtern. Zusammengefasst resultieren die Veränderungen der Interincisalwinkel nach Behandlungsende aus dem Zusammenspiel verschiedener Parameter: overbite und overjet, dem Charakter des Restwachstums, dysplastische funktionelle Kräfte, Lippendysfunktion und der lingualen Anatomie der oberen Incisivi. Gewiss haben die Incisivi eine größere Chance sich in funktionell vorteilhafter Art und Weise an ihre Umgebung zum Behandlungsende zu adaptieren, wenn sie der Kieferorthopäde in idealer Beziehung zueinander eingestellt hinterlässt. Aber was bedeutet „ideale Relation“?

Nach Enlow⁴⁴ steht die „Balance“ an zentraler Stelle. Die Parameter dieser Balance sind bekannter weise multifaktoriell. Die dentofaziale Ausgangssituation spielt eine größere Rolle, als Zähne und periodontale Membrane, Muskeln, Knochen und Teile davon, Nerven, Bindegewebe, Blutgefäße, intrazelluläre Strukturen und weitere Unbekannte partizipieren auf vielfältigen und grundlegenden Ebenen. Feedbackmechanismen spielen eine direkte Rolle. Das gesamte Feld der Homöostase ist in anderen medizinischen Disziplinen wie der Endokrinologie und der Zellphysiologie seit langem ein wichtiges Forschungsgebiet.

Die Komplexität der beteiligten Regelmechanismen ist durch die Forschungen auf diesen Gebieten wohl beschrieben; in der Zahnbewegung sind sie nicht weniger komplex. Homöostase im Sinne der kieferorthopädischen „Stabilität“ beinhaltet eine ganze Reihe von Gleichgewichtsbeziehungen. Diese reichen von intra- und interzellulären bis biomechanischen, bioelektrischen, makroanatomischen und morphogenetischen Arten der Beziehungen.

Es kann eine lange Liste von Faktoren und Umständen aufgestellt werden, die zum dento-facialen Gleichgewicht in Beziehung stehen. Diese beinhaltet Kraftvektoren, Muskel-Knochen Züge, Zungen- und Wangentonus, Faktoren der oberen Luftwege, Okklusion und Interkuspitation, Schädelbasiskonfiguration und viele andere. Es gibt jedoch gegenwärtig keinen „Balance Test“ für Gesicht und Kiefer vor oder gleich im Anschluss an eine kieferorthopädische Behandlung. Es gibt kein Instrument, welches entweder die Existenz oder Nicht-Existenz der aktuellen Balance bestimmen kann, oder welches messen kann, wie weit einige anatomische Parameter von einem Punkt der präzisen Balance abweichen. Es wäre gegenwärtig schwierig, wahrscheinlich unmöglich, zufriedenstellend zu definieren, was mit dem Wort „Balance“ wirklich gemeint ist.

Auswirkungen des Restwachstums auf die Retention

Art und Ausmaß des Wachstums nach Behandlungsende spielen eine wichtige Rolle in der Schwierigkeit der Bestimmung der Overbiteretention. So führt die Bewegung der Zähne nach lingual zu einem Verlust der Bogenlänge und zu einem Engstand der unteren Frontzähne. Es scheint daher, dass jede nur mögliche Anstrengung unternommen werden sollte, um die unteren Frontzähne gegen jene Kräfte zu schützen, denen sie (während des typischen Restwachstums) ausgesetzt sind, wenn sie in folge des mandibulären Wachstums gegen die palatinalen Flächen der oberen Frontzähne gedrückt werden. Daraus folgt, dass bestimmte Arten von festen Retainern (wie z.B vom Eckzahn zu Eckzahn) diesen Kräften mit höherer Wahrscheinlichkeit widerstehen können. Solche Retainer sollten getragen werden, bis das Restwachstum der Kiefer abgeschlossen ist.

Auswirkungen des Restwachstums auf die Harmonie zwischen Kiefergelenk und Okklusion

Schudy ¹²⁹ und Holdaway ⁶¹ erkannten den Einfluss des Restwachstums der Kiefer auf die Beziehung zwischen zentrischer Okklusion und zentrischer Kondylenposition. Holdaway ⁶¹ postulierte, dass das mandibuläre Wachstum nach Behandlungsende häufig die Ursache dafür ist, dass „dual bites“ eliminiert oder zu mindest reduziert werden. Schudy ¹²⁹ behauptet, dass überschießendes vertikales Gesichtswachstum in Relation zum kondylären Wachstum einer der Hauptursachen für die Entwicklung von Okklusionsdysharmonie ist. Wie Shudy ¹²⁹ weiter ausführt, überholt die Mandibula während des Restwachstums die anderen Strukturen des dento-faciales Komplexes im Wachstum. Auf diese Weise werden die Oberkieferzähne durch die Kräfte der Okklusion in ihren Alveolarfortsätzen bewegt, um sich den Erfordernissen des mandibulären Wachstums anzupassen. So entsteht eine größere Harmonie zwischen Gelenk und Zähnen.

Da dieser wichtige Aspekt des dento-facialen Systems eng mit dem Begriff „Restwachstum“ verbunden ist, ist die Behauptung, dass dieser Abschnitt des Wachstums in hohem Maße das endgültige Funktionsmuster der Kiefer bestimmt, sicherlich keine Übertreibung.

Im Hinblick auf die weitere Entwicklung des kieferorthopädisch behandelten Patienten scheint das Restwachstum, bei möglichst idealem Behandlungsergebnis, der beste Verbündete für die Optimierung der Funktion des stomatognathen Systems und damit auch der engste Verbündete des Kieferorthopäden zu sein.

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie untersucht zwei verschiedenartige Veränderungen in voneinander abhängigen Regionen des kranio-facialen Komplexes: skelettale und dento-alveoläre Veränderungen von der späten Adoleszenz bis zum mittleren Erwachsenenalter.

Ziel dieser Untersuchung war es, die ausgewählte Gruppe von 24 Patienten nach Abschluss der skelettale Reife kephalometrisch zu untersuchen, um herauszufinden, unter welchen morphologischen Bedingungen das kieferorthopädische Ergebnis stabil bleibt.

Bei 24 Patienten aus der Habilitationsarbeit von Fr. Prof. Dr. Rudzki-Janson wurden 14-16 Jahre nach Wachstumsende erneut Fernröntgenseitenaufnahmen angefertigt. Alle Patienten wurden damals mit Bionator nach Balters^{9,10}, modifiziert nach Ascher^{6,7}, behandelt. Durch die Bionatorbehandlung wurde damals innerhalb von ein bis zwei Jahren einen Klasse I Verzahnung im Molaren- und Eckzahnbereich erreicht.

Die Fernröntgenseitenaufnahmen wurden entsprechend der Empfehlung von Hasund⁵⁷ (modifiziert nach Rudzki) nach der Bergen Analyse durchgezeichnet und ausgewertet.

In dem Nachbeobachtungszeitraum von 12 bis 18 Jahren nach Wachstumsende wurden folgende Veränderungen beobachtet.

In der Gesamtgruppe verminderte sich die Inklination der Mandibula (ML-NSL) und Inklination der Kieferbasen zueinander (ML-NL). Die anteriore obere Gesichtshöhe vergrößerte sich. Die Prominenz des knöchernen Kinns, beschrieben durch den Winkel Pg-NB und den Abstand Pg-NB, erfährt eine geringe Zunahme.

In der Gruppe der männlichen Probanden verminderte sich die Inklination der Mandibula (ML-NSL), was auf eine anteriore Rotation des Unterkiefers hinweist. Die Position der Oberkieferfrontzähne zur Maxilla (OK1-NAmm) und die Position der Unterkieferfrontzähne zur Mandibula (UK1-NBmm) veränderten sich im Sinne einer Verkleinerung dieser Werte.

Lediglich die Position der Unterkieferfrontzähne zur Mandibula, beschrieben durch den Abstand UK1-NBmm, entwickelte sich bei weiblichen und männlichen Probanden divergent. Bei den weiblichen Probanden vergrößerte sich dieser Wert, während er sich bei den männlichen Probanden verkleinerte.

Die vertikale Schädelanatomie hinsichtlich der Relation von Mittelgesicht zu Untergesicht ausgedrückt als $\text{Index} = \left(\frac{N-Sp'}{Sp'-Gn} \right) \times 100$ hat einen Einfluss auf das Verhalten der Messparameter SNA und ML-NSL. Beim neutralen Gesichtstyp vergrößerte sich der SNA-Winkel, wohingegen er sich beim tiefen Gesichtstyp verkleinerte. Beim neutralen Gesichtstyp verringerte sich der ML-NSL-Winkel, während er sich beim tiefen Gesichtstyp geringfügig vergrößerte. Der Interbasiswinkels (ML-NL) beeinflusste die Messparameter PgNB(Grad) und PgNB(mm). Bei Typ 3 (ML-NL kleiner Winkel) vergrößerten sich diese Parameter sehr viel deutlicher als bei Typ 1 (ML-NL großer Winkel).

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Untersuchung können hilfreich sein, um durchschnittliche Entwicklungen zu beschreiben, nicht jedoch um Vorhersagen für einzelne Individuen zu treffen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es auch nach dem siebzehnten Lebensjahr noch signifikante Veränderungen einiger Gesichtsparemeter hinsichtlich Ausprägung und Beziehung zu einander gibt. Diese späten Veränderungen können zumindest bei einigen Individuen die kieferorthopädischen und/oder chirurgischen Behandlungsergebnisse sowohl positiv, als auch negativ beeinflussen.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Ahlgren J, Laurin C. Late results of activator treatment: a cephalometric study. *Br J Orthod* 1970; 3: 181-7.
2. Ahrens DG, Shapira Y, Kuflinec MM. An approach to rotational relapse. *Am J Orthod* 1981; 80: 83-91.
3. Andresen V, Häupl K. Funktionskieferorthopädie. Die Grundlage des norwegischen Systems. Funktionskieferorthopädie. Leipzig: J.A.Barth; 1936.
4. Andresen V, Häupl K, Petrik L. Funktionskieferorthopädie. München, JA Barth Verlag; 1953.
5. Andrews, L.F. The six keys to normal occlusion. *Am J Orthod* 1972; 62: 296-309.
6. Ascher F. Praktische Kieferorthopädie. München-Berlin-Wien, Urban und Schwarzenberg; 1968: 193-200.
7. Ascher F. Kontrollierte Ergebnisse der Rückbissbehandlung mit funktionskieferorthopädischen Geräten. *Fortschr Kieferorthop* 1971; 32: 149-59.
8. Baer, M.J. Dimensional changes in the human head and face in the third decade of life. *American Journal of Physical Anthropology* 1956; 14: 557-575.
9. Balters W. Die Technik und Übung der allgemeinen und speziellen Bionatortherapie. *Quintessenz* 1964; 5: 1-9.
10. Balters W. Ausgewählte Schriften und Vorträge. Druckerei Hölzer; 1973.
11. Baumrind S, Frantz R. The reliability of head film measurements. *Am J Orthod* 1971; 60(5): 111-127.
12. Baumrind S, Korn EL, Molthen R, West EE. Changes in facial dimensions associated with the use of forces to retract the maxilla. *Am J Orthod* 1981; 80: 17-30.
13. Behrents RG. Growth in the Aging Craniofacial Skeleton. Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, 1985. Craniofacial Growth Monograph Series; vol 17.
14. Behrents RG: Adult facial growth. In Enlow DH, ed. Facial growth. 3rd ed Philadelphia: WB Saunders 1990.

15. Bergersen EO. A longitudinal study of anterior vertical overbite from eight to twenty years of age. *Angle Orthod* 1988; 58: 237-56.
16. Bhat M, Enlow DH. Facial variations related to headform type. *Angle Orthod* 1985; 55: 269-79.
17. Bischoff P. Überprüfung der mandibullären Rotation bei unbehandelten Kl.II/1-Fälle in einer longitudinalen Studie. 1980. LMU, München.
18. Bishara SE, Jakobsen MA. Longitudinal changes in three normal facial types. *Am J Orthod* 1985; 88: 466-502.
19. Bishara SE, Ziaja RR. Functional appliances: A review. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1989; 95: 250-58.
20. Bishara SE, Treder JE, Jakobsen JR. Facial and dental changes in adulthood. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 106: 175-86.
21. Björk A. The face in profile. *Svensk Tandläk Tidsskr* 1947.
22. Björk A. The significance of growth changes in facial pattern and their relationship to changes in occlusion. *Den Rec* 1951; 71: 197-208.
23. Björk A, Palling M. Adolescent age changes in jaw relation, alveolar prognathism and incisal inclination. *Acta Odont Scand* 1955; 12: 201-32.
24. Björk A. Facial growth in man studied with the aid of metallic implants. *Acta Odont Scand* 1955; 13: 9-34.
25. Björk A. Variations in the growth pattern of the human mandible: longitudinal radiographic study by implant method. *J Dent Res (Suppl. No. 1)* 1963; 42: 400-11.
26. Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum pubertal growth in the body height. *Angle Orthod* 1967; 37: 134-43.
27. Björk A. The use of metallic implants in the study of facial growth in children: method and application. *Am J Phys Anthropol* 1968; 29: 243-54.
28. Björk A. Prediction of mandibular growth rotation. *Am J Orthod* 1969; 55: 585-99.
29. Björk A, Skieller V. Facial development and tooth eruption-An implant study of puberty. *Am J Orthod* 1972; 62: 339-383.
30. Björk A, Skieller V. Growth of the maxilla in three dimensions as revealed radiographically by the implantat method. *Br J Orthod* 1977; 4: 53-64.
31. Björk A, Skieller V. Normales und anormales Wachstum des Unterkiefers. Eine Synthese longitudinaler kephalometrischer Implantatstudien während eines Zeitraums von 25 Jahren. *Inf Orthod Kieferorthop* 1984; 1: 55-110.
32. Broadbent BH, Golden WH. Bolton standards of dentofacial developmental growth. St. Louis, Toronto, Princeton, C.V.Mosby Company; 1975.

33. Broderick TR. Condylar growth regulation: the role of condylar position. St. Louis University, 1986.
34. Buschang PH, LaPalme , Tanguay R, Demirjian A. The technical reliability of superimposition on cranial base and mandibular structures. *Eur J Orthod* 1986; 8: 152-6.
35. Carlsson G.E. and Persson G. Morphologic changes of the mandible after extraction and wearing of dentures. A longitudinal, clinical and x-ray cephalometric study covering 5 years. *Odont. Rev.* 1967; 18: 27-54.
36. Creekmore TD. Inhibition or Stimulation of the vertical growth of the facial complex, ist significance to treatment. *Angle Orthod* 1967; 37: 285-97.
37. Creekmore TD, Radney LJ. Fränkel appliance therapy: Orthopedic or orthodontic? *Am J Orthod* 1983; 83: 89-108.
38. Cruser D. K. A cephalometric study of post-treatment mandibular plane angle changes in orthodontically treated patients who exhibited an increase in their mandibular plane angle during treatment. Unpublished master`s thesis, Department of Orthodontics, Southern California University Scool of Dentistry, 1969.
39. Elms TM, Buschang PH, Alexander RG. Long-term stability of Class II, Division 1, nonextraction cervical face-bow therapy: II. Cephalometric analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 109: 386-92.
40. Elms TN, Buschang PH, Alexander RG. Long-term stability of Class II Division 1, nonextraction cervical face-bow therapie: I. Model analysis. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1996; 109: 271-6.
41. Enlow D.H. A morphogenetic analysis of facial growth. *Am J Orthod* 1966; 52: 283-99.
42. Enlow D.H. *The Human Face: An Account of the Postnatal Growth and Development of the Craniofacial Skeletin.* New York, Hoeber Medical Div., Harper aand Row, 1968.
43. Enlow D.H, Kuroda T, Lewis AB. The morphological and morphogenetic basis for craniofacial form and pattern. *Angle Orthod* 1971; 41: 161-88.
44. Enlow D.H. Morphologic Factors involved in the biology of relapse. *Charles H Tweed Found.* 1978; 16-23.
45. Enlow D.H. Mechanisms of craniofacial growth. In: Barrer HG, ed. *Orthodontics - The state of the art.* First edn. Philadelphia: University of Pennsylvania Press; 1981.
46. Enlow D.H, Pfister C, Richardson E, Kuroda T. An analysis of black and caucasian craniofacial patterns. *Angle Orthod* 1982; 52: 279-87.
47. Enlow D.H, DiGangi D, McNamara JA, Mina M. An evaluation of the morphogenic and anatomic effects of the functional utilizing the functional regulator utilizing the counterpart analysis. *Eur J Orthod* 1988; 10: 192-202.

48. Enlow D.H. Facial Growth. Philadelphia, Saunders Co.; 1990.
49. Euba A. Skelettale und dento-alveoläre Änderung mit der Bionator-Modifikation nach Ascher. Eine kephalometrische Studie. 1986. LMU München.
50. Formy WA, Nanda RS, Currier GF. Longitudinal changes in the adult facial profile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105: 464-76
51. Forsberg CM, Odenrick L. Changes in the relationship between the lips and the aesthetic line from eight years of age to adulthood. *Eur J Orthod* 1979; 1: 265-70.
52. Forsberg CM. Facial morphology and ageing: a longitudinal cephalometric investigation of young adults. *Eur J Orthod* 1979; 1: 15-23.
53. Graber TM. Physiologic principles of functional appliances. 1. edn. St.Louis, Mosby Co.; 1985.
54. Hansen K, Koutsonas TG, Panherz H. Long-term effects of Herbst treatment on the mandibular incisor segment: A cephalometric and biometric investigation. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997; 112: 92-103.
55. Hasund A, Silversten R. Dental arch space and facial type. *Angle Orthod* 1971; 41: 141-5.
56. Hasund A. Clinical Cephalometry for the Bergen-Technique. 1. edn. Bergen, Norway, Orthod Dept Univ Bergen; 1972.
57. Hasund A. Clinical Cephalometry for the Bergen-Technique. Bergen, Orthodontic Department, Dental Institute, University of Bergen; 1977.
58. Häupl K, Psansky R. Histologische Untersuchungen über die Wirkungsweise der in Funktionskieferorthopädie gebrauchten Apparate. *Dtsch Zahn-, Mund und Kieferheilkd* 1938; 19: 641-8.
59. Häupl K. Zur Frage des kieferorthopädischen Gelenkumbaus. *Fortschr Kieferorthop* 1958; 19: 1-8.
60. Hirschfelder U, Fleischer-Peters A. Funktionelle Behandlung des tiefen Bisses-Ergebnisse einer Langzeitstudie. *Fortschr Kieferorthop* 1992; 53: 313-21.
61. Holdaway, RA: Denver summer seminar, 1971.
62. Horowitz S, Hixon E. Physiologic recovery following orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1969; 55: 1-4.
63. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod* 1983; 83: 382-90.
64. Hultgren B, Isaacson R, Erdman A, Worms F, Rekow E. Growth contributions to Class II corrections based on models of mandibular morphology. *Am J Orthod* 1980; 78: 310-20.
65. Hunter WS, Smith BRW. Development of mandibular spacing crowding from 9-16 years of age. *J Can Assoc* 1972; 38: 178-85.

66. Hunter WS. The dynamics of mandibular arch perimeter changes from mixed to permanent dentition. In McNamara JA Jr, ed. The biology of occlusal development. Ann Arbor: University of Michigan, 1977.
67. Isaacson JR, Isaacson R, Speidel TM, Worms FW: Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relation. *Angle Orthod* 1971; 41: 219-229.
68. Isaacson R, Zapfel R, Worms F, Erdman A. Effects of rotational jaw growth on the occlusion and profile. *Am J Orthod* 1977; 72: 276-86.
69. Isaacson R, Erdman A, Hultgren B. Facial and dental effects of mandibular rotation. In Carlson DS (editor): *Craniofacial biology*, Ann Arbor, 1981, Center for Human Growth and Development, University of Michigan, pp. 235-269.
70. Isaacson KG, Reed RT, Stephens CD. *Removable appliances*. First edn. Oxford, Blackwell Scientific Publications; 1990.
71. Israel H. Age factor and pattern of change in craniofacial structures. *Am J Anthropol (New Series)* 1973; 39: 111-28.
72. Israel H. Recent knowledge concerning craniofacial aging. *Angle Orthod* 1973; 43: 176-84.
73. Jakobsson SO. Cephalometric evaluation of treatment effect of Class II, division 1 malocclusion. *Am J Orthod* 1967; 53: 446-57.
74. Janson I. A cephalometric study of the efficiency of the bionator. *Trans Europ Orthod Soc* 1977; 53: 283-93.
75. Janson I. Zeitpunkt der Bionatorbehandlung in Abhängigkeit vom Wachstum. *Fortschr Kieferorthop* 1977; 38: 435-51.
76. Janson I. Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. *Fortschr Kieferorthop* 1978; 39: 62-76.
77. Janson I, Hasund A. Indikation und Grenzen der Funktionskieferorthopädie in der täglichen Praxis. In: Ketterl, ed. *Deutscher Zahnärztekalendar*. München: Carl Hanser Verlag; 1979.
78. Janson I, Überla K. Faktorenanalytische Auswertung einer Untersuchung über die Wirkungsweise des Bionators. *Fortschr Kieferorthop* 1979; 40: 494-503.
79. Janson I. Growth effects and functional jaw orthopaedics. *J Dent Ass Thailand* 1980; 30: 143-59.
80. Janson I. Skelettale und dentoalveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. Berlin, Quintessenz Verlag; 1982.

81. Janson I. Skeletal and dentoalveolar changes in patients treated with a Bionator during puberty and prepuberty. In: McNamara JA, Carlsson DS, Ribbons KA, Howe R, eds. Moyers Symposium Proceedings: The clinical alterations of the growing face. Ann Arbor, Michigan: Center of Human Growth and Development, University of Michigan; 1983.
82. Janson I. Bionator-Modifikationen in der kieferorthopädischen Therapie. München, Carl Hanser Verlag; 1987.
83. Janson I. Der Beitrag Aschers zur Entwicklung der kieferorthopädischen Diagnostik und Therapie. Zahnärztliche Praxis 1987; 10: 362-5.
84. Janson I. Morphologische Kriterien für die Indikation einer Behandlung mit der Bionatormodifikation nach Ascher. Fortschr Kieferorthop 1987; 48: 71-86.
85. Johnson LF. The curious case of the chimerial condyle. In : Graber LW, ed. Orthodontics: state of the art, essence of the science. St. Louis: The CV Mosby Company, 1986.
86. Kahl-Nieke B, Fischbach H, Schwarze CW. Treatment and postretention changes in dental arch width dimension – a long-term evaluation of influencing cofactors. Am J Orthod Dentofac Orthop 1996; 109: 368-78.
87. Keeling SD, Garvan CW, King GJ, Wheeler TT, McGorray S. Temporomandibular disorders after early Class II treatment with bionators and headgears: results from a randomized controlled trial. Semin Orthod 1995; 1: 149-64.
88. Keen J.A. A study of the angle of mandible. Journal of dental Research 1945; 24: 77-82.
89. Kendrick GS, Risinger HL. Changes in the anterioposterior dimensions of the human male skull during the third and fourth decades of life. Anat Rev 1967; 159: 77-81.
90. Lande M.J. Growth behavior of the human bony facial profile as revealed by serial cephalometric roentgenologie. Angle Orthod 1952; 22: 79-90.
91. Lavergne J, Gasson N. A metal implant study of mandibular rotation. Angle Orthod 1976; 46: 144-50.
92. Lavergne J, Gasson N. The influence of jaw rotation on the morphogenesis of malocclusion. Am J Orthod 1978; 73: 658-66.
93. Lavergne J, Gasson N. Analysis and classification of the rotational growth pattern without implants. Br J Orthod 1982; 9: 51-6.
94. Leighton BD, Hunter WS. Relationship between lower arch spacing/crowding and facial height and depth. Am J Orthod 1982; 82: 418-25.
95. Lewis AB, Roche AF. Late growth changes in the craniofacial skeleton. Angle Orthod 1988; 58: 127-35.
96. Litowitz R. A study of the movement of the certain teeth during and following orthodontic treatment. Angle Orthod 1949; 18: 113-32.

97. Little RM, Riedel RA, Artun J. An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988; 93: 423-8.
98. Lundström A. Changes in crowding and spacing of the teeth with age. *Dent Pract* 1968; 19: 218-24.
99. Lundström A. A study of the correlation between mandibular growth direction and changes in incisor inclination, overjet, overbite and crowding. *Trans Eur Orthod Soc* 1975; 131-40.
100. Lundström A, Woodside DG. Longitudinal changes in facial type in cases with vertical and horizontal mandibular growth direction. *Eur J Orthod* 1983; 5: 259-.
101. Meredith HV. Toward a working concept of physical growth. *Am J Orthod Oral Surg* 1945; 31: 440-58.
102. McNamara JA. Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *Am J Orthod* 1973; 64: 578-584.
103. McNamara JA. A method of cephalometric evaluation. *Am J Orthod* 1984; 86: 449-69.
104. McNamara JA Jr, Howe RP, Disinger TG. A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of Class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 98: 134-44.
105. McNamara JA, Brudon WL. Orthodontic and orthopedic treatment in the mixed dentition. Ann Arbor, Michigan, Needham Press; 1993.
106. Die Münchner Analyse: Kephalemetrie-Blatt"; Analysen – Merkblätter I und II"
107. Ödegaard J. Growth of the mandible studied with the aid of metal implants. *Am J Orthod* 1970; 57: 145-157.
108. Ödegaard J. Mandibular rotation studied with the aid of metal implants. *Am J Orthod* 1970; 58: 448-454.
109. Petrovic A, Stutzmann J, Lavergne J. Effect of functional appliance of the mandibular cartilage. In: Graber TM, ed. *Physiologic principles of functional appliances*. St. Louis: Mosby; 1985: 38-52.
110. Richardson ER. Atlas of craniofacial growth in Americans of African descent. Ann Arbor. Center for Human Growth and Development, the University of Michigan 1991. Craniofacial Growth Monograph Series; vol 26.
111. Ricketts RM. The influence of orthodontic treatment on facial growth and development. *Angle Orthod* 1960; 30: 103-33.
112. Ricketts RM. A principle of facial growth of the mandible. *Angle Orthod* 1972; 42: 368-86.

113. Ricketts RM. A four-step method to distinguish orthodontic changes from natural growth. *J Clin Orthod* 1975; 9: 208-15; 218-28.
114. Ricketts RM. New perspectives on orientation and their benefits to clinical orthodontics – part I. *Angle Orthod* 1975; 45: 238-48.
115. Riedel RA. The relation of maxillary structures to cranium in malocclusion and normal occlusion. *Angle Orthod* 1952; 22: 142-45.
116. Riolo ML, Moyers RE, McNamara JA Jr, Hunter WS. An atlas of craniofacial growth: cephalometric standards from The University of Michigan. Ann Arbor: The Center for Human Growth and Development, The University of Michigan, 1974. Craniofacial Growth Monograph Series; vol 2.
117. Ritchie GD. An evaluation of the profile changes that occur in males from the prepubertal period through adolescence. *Am J Orthod* 1962; 48: 221-.
118. Rudzki-Janson I, Schweizer C, Kalliri B. Aufbeißbehelfe in der kieferorthopädischen Therapie. *Philip J* 1993; 11: 509-11.
119. Rudzki-Janson I, Noachtar R. Functional Appliance Therapy with the Bionator. *Seminars in Orthod.* 1998; 4: 33-45.
120. Sadowsky C, BeGole EA. Long-term status of temporomandibular joint function and functional occlusion after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1980; 78: 201-12.
121. Sadowsky C, Sakols EI. Long-term assessment of orthodontic relapse. *Am J Orthod* 1982; 82: 456-63.
122. Sarnäs K, Solow B. Early adult changes in the skeletal and soft-tissue profile. *Eur J Orthod* 1980; 2: 1-12.
123. Schadelbauer E. Langzeitergebnisse nach Aktivatorbehandlung. *Inf Orthod Kieferorthop* 1984; 4: 419-29.
124. Schaeffer A. Behavior of the axis of human incisor teeth during growth. *Angle Orthod* 1949; 19: 254-75.
125. Schmuth GPF. Probleme bei Nachuntersuchungen in der Kieferorthopädie. *Zahnärztl. Welt*; 1919: 120-4.
126. Schudy FF. The cant of the occlusal plane and axial inclination of teeth. *Angle Orthod* 1963; 33: 69-82.
127. Schudy FF. Vertical growth versus anteroposterior growth as related to function and treatment. *Angle Orthod* 1964; 34: 75-93.
128. Schudy FF. The rotation of the mandible resulting from growth: Its implications in orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1965; 35: 36-51.
129. Schudy F.F. Denver summer seminar 1971.

130. Schudy GF. Posttreatment craniofacial growth: its implications in orthodontic treatment. Am J Orthod 1974; 65: 39-57.
131. Segner D, Hasund A. Individualisierte Kephalmetrie. Second edn. Hamburg, Dietmar Segner, Verlag und Vertrieb; 1994.
132. Simons ME, Joondeph DR. Change in overbite: a ten-year postretention study. Am J Orthod 1973; 64: 349-.
133. Sicher H. Skeletal disharmonies and malocclusions. Am J Orthod 1957; 43: 679-87.
134. Sinclair P, Little R. Dentofacial maturation of untreated normals. Am J Orthod 1983; 88: 146-56.
135. Steegmayer G, Gilde H, Komposch G. Stabilität kieferorthopädischer Behandlungsergebnisse. Fortschr Kieferorthop 1991; 52: 176-82.
136. Steiner CC. Cephalometrics for you and me. Am J Orthod 1953; 39: 729-55.
137. Steiner CC. Cephalometrics in clinical practice. Angle Orthod 1959; 29: 8-29;
138. Ülgen M. Rezidive während und nach der Retention. Fortschr Kieferorthop 1984; 45: 475-88.
139. West K, McNamara JA Jr. Changes in the craniofacial complex from adolescence to midadulthood: A cephalometric study. Am J Orthod Dentofac Orthop 1999; 115: 521-32.
140. Woodside D. Do functional appliances have an orthopedic effect? Am J Orthod 1998; 113: 11-14.

ANHANG

Tabelle 10.1. Vergleich Computer-/Handmessung Korrelationen bei gepaarten Stichproben

N=14	Korrelation	Signifikanz
SNA	,929	,000
SNB	,985	,000
ANB	,957	,000
SNPg	,978	,000
PgNB	,974	,000
NSBa	,962	,000
Gn-tgo-Ar	,970	,000
N-Winkel	,935	,000
H-Winkel	,979	,000
NL-NSL	,955	,000
ML-NSL	,985	,000
ML-NL	,982	,000
D-Winkel	,486	,092
N-Sp´(mm)	,968	,000
Sp´-Gn(mm)	,993	,000
N-Sp´/Sp´-Gn	,979	,000
Sp´-Gn/N-Gn	,969	,000
OK1-Sp(mm)	,990	,000
UK1-Gn(mm)	,853	,000
OK1-UK1(Grad)	,953	,000
OK1-NA(Grad)	,983	,000
UK1-NB(Grad)	,902	,000
OK1-NA(mm)	,959	,000
UK1-NB(mm)	,951	,000
UK1-NPg(mm)	,981	,000
Pg-NB(mm)	,969	,000
Nasolabial-Winkel	,809	,000

Tabelle 10.2. Bewertung durch zwei Rater Korrelationen bei gepaarten Stichproben

N=21	Korrelation	Signifikanz
SNA	,992	,000
SNB	,994	,000
ANB	,995	,000
SNPg	,993	,000
PgNB	,995	,000
NSBa	,982	,000
Gn-tgo-Ar	,996	,000
N-Winkel	,988	,000
H-Winkel	,997	,000
NL-NSL	,970	,000
ML-NSL	,995	,000
ML-NL	,993	,000
D-Winkel	,649	,002
N-Sp´(mm)	,991	,000
Sp´-Gn(mm)	,999	,000
N-Sp´/Sp´-Gn	,968	,000
Sp´-Gn/N-Gn	,993	,000
OK1-Sp(mm)	,994	,000
UK1-Gn(mm)	,999	,000
OK1-UK1(Grad)	,996	,000
OK1-NA(Grad)	,994	,000
UK1-NB(Grad)	,994	,000
OK1-NA(mm)	,982	,000
UK1-NB(mm)	,997	,000
UK1-NPg(mm)	,998	,000
Pg-NB(mm)	,990	,000
Nasolabial-Winkel	,982	,000

Tabelle 10.3. Messwiederholung Korrelationen bei gepaarten Stichproben

N=21	Korrelation	Signifikanz
SNA	,962	,000
SNB	,980	,000
ANB	,960	,000
SNPg	,975	,000
PgNB	,981	,000
NSBa	,959	,000
Gn-tgo-Ar	,978	,000
N-Winkel	,949	,000
H-Winkel	,986	,000
NL-NSL	,954	,000
ML-NSL	,986	,000
ML-NL	,994	,000
D-Winkel	,623	,003
N-Sp'(mm)	,967	,000
Sp'-Gn(mm)	,994	,000
N-Sp'/Sp'-Gn	,976	,000
Sp'-Gn/N-Gn	,976	,000
OK1-Sp(mm)	,991	,000
UK1-Gn(mm)	,976	,000
OK1-UK1(Grad)	,960	,000
OK1-NA(Grad)	,968	,000
UK1-NB(Grad)	,929	,000
OK1-NA(mm)	,923	,000
UK1-NB(mm)	,971	,000
UK1-NPg(mm)	,984	,000
Pg-NB(mm)	,978	,000
Nasolabial-Winkel	,921	,000

Tabelle 10.4 Zweimalige Durchzeichnung, Korrelationen bei gepaarten Stichproben

N=21	Korrelation	Signifikanz
SNA	,992	,000
SNB	,994	,000
ANB	,995	,000
SNPg	,993	,000
PgNB	,995	,000
NSBa	,982	,000
Gn-tgo-Ar	,996	,000
N-Winkel	,988	,000
H-Winkel	,997	,000
NL-NSL	,970	,000
ML-NSL	,995	,000
ML-NL	,993	,000
D-Winkel	,649	,002
N-Sp'(mm)	,991	,000
Sp'-Gn(mm)	,999	,000
N-Sp'/Sp'-Gn	,968	,000
Sp'-Gn/N-Gn	,993	,000
OK1-Sp(mm)	,994	,000
UK1-Gn(mm)	,999	,000
OK1-UK1(Grad)	,996	,000
OK1-NA(Grad)	,994	,000
UK1-NB(Grad)	,994	,000
OK1-NA(mm)	,982	,000
UK1-NB(mm)	,997	,000
UK-NPg(mm)	,998	,000
Pg-NB(mm)	,990	,000
Nasolabial-Winkel	,982	,000

Tabelle 10.5 Prüfung der kephalometrischen Messwerte auf Normalverteilung - Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

	N	Parameter der Normalverteilung(a,b)		Extremste Differenzen			Kolmogorov-Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
SNA(T1)	24	78,525	3,1496	0,095	0,091	-0,095	0,466	0,982
SNA(T2)	24	79,283	3,2794	0,090	0,090	-0,070	0,442	0,990
SNB(T1)	24	76,7000	3,92849	0,125	0,125	-0,104	0,613	0,847
SNB(T2)	24	77,221	4,6158	0,106	0,080	-0,106	0,519	0,950
ANB(T1)	24	1,829	2,7366	0,153	0,153	-0,094	0,750	0,626
ANB(T2)	24	2,03	2,971	0,115	0,115	-0,114	0,563	0,909
Gn-tgo-Ar(T1)	24	121,317	6,0957	0,178	0,178	-0,094	0,872	0,433
Gn-tgo-Ar(T2)	24	116,604	23,1126	0,358	0,217	-0,358	1,754	0,004
NL-NSL(T1)	24	9,171	3,5175	0,161	0,161	-0,083	0,788	0,563
NL-NSL(T2)	24	8,963	3,5127	0,126	0,126	-0,076	0,616	0,842
ML-NSL(T1)	24	31,079	5,6734	0,127	0,127	-0,065	0,623	0,832
ML-NSL(T2)	24	29,988	5,9375	0,119	0,119	-0,078	0,583	0,887
ML-NL(T1)	24	21,896	5,3781	0,122	0,122	-0,095	0,597	0,868
ML-NL(T2)	24	21,038	5,9527	0,114	0,114	-0,069	0,559	0,913
OK1-NA(Grad)(T1)	24	22,446	6,7458	0,201	0,110	-0,201	0,985	0,287
OK1-NA(Grad)(T2)	24	21,338	5,9698	0,123	0,056	-0,123	0,601	0,862
OK1-NA(mm)(T1)	24	4,163	2,7647	0,122	0,100	-0,122	0,597	0,869
OK1-NA(mm)(T2)	24	3,442	3,2689	0,098	0,098	-0,097	0,478	0,976
UK1-NB(Grad)(T1)	24	18,913	6,3639	0,089	0,089	-0,051	0,436	0,991
UK1-NB(Grad)(T2)	24	19,817	7,0682	0,168	0,117	-0,168	0,823	0,508
UK1-NB(mm)(T1)	24	2,871	2,4878	0,092	0,080	-0,092	0,449	0,988
UK1-NB(mm)(T2)	24	2,604	2,7228	0,120	0,089	-0,120	0,589	0,878
OK1-UK1(grad)(T1)	24	136,804	8,9664	0,090	0,090	-0,061	0,439	0,990
OK1-UK1 (grad)(T2)	24	136,871	9,7255	0,114	0,114	-0,100	0,558	0,915
N-Sp'(mm)(T1)	24	57,075	3,1849	0,117	0,117	-0,078	0,571	0,900
N-Sp'(mm)(T2)	24	57,904	3,1577	0,133	0,133	-0,097	0,654	0,786
Sp'-Gn(mm)(T1)	24	71,483	5,6872	0,112	0,106	-0,112	0,550	0,923
Sp'-Gn(mm)(T2)	24	71,86	5,578	0,132	0,132	-0,095	0,648	0,796
Index(T1)	24	80,292	7,3679	0,130	0,130	-0,077	0,637	0,812
Index(T2)	24	80,942	7,7075	0,117	0,099	-0,117	0,572	0,899
SNPg(T1)	24	78,792	4,1388	0,115	0,113	-0,115	0,563	0,910
SNPg(T2)	24	79,608	4,6216	0,171	0,096	-0,171	0,837	0,485
PgNB(T1)	24	2,104	1,1464	0,112	0,112	-0,069	0,550	0,922
PgNB(T2)	24	2,371	1,3684	0,120	0,120	-0,061	0,588	0,879
D-Winkel(T1)	24	46,704	4,1164	0,168	0,168	-0,090	0,824	0,506
D-Winkel(T2)	24	46,983	4,4123	0,153	0,153	-0,096	0,748	0,630
Pg-NB(mm)(T1)	24	4,313	2,2452	0,120	0,115	-0,120	0,590	0,878
Pg-NB(mm)(T2)	24	5,003	2,7697	0,133	0,133	-0,098	0,653	0,787

Tabelle 10.6 Prüfung der Differenzen der kephalometrischen Messwerte auf Normalverteilung - Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

Differenzen T2 - T1	N	Parameter der Normalverteilung(a,b)		Extremste Differenzen			Kolmogorov- Smirnov-Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
		Mittelwert	Standard- abweichung	Absolut	Positiv	Negativ		
SNA	24	0,7583	2,21495	0,124	0,102	-0,124	0,609	0,852
SNB	24	0,5208	1,83255	0,187	0,149	-0,187	0,916	0,370
ANB	24	0,1958	1,32779	0,115	0,081	-0,115	0,561	0,911
Gn-tgo-Ar	24	-4,7125	20,98864	0,504	0,366	-0,504	2,470	0,000
NL-NSL	24	-0,2083	1,75001	0,130	0,090	-0,130	0,636	0,813
ML-NSL	24	-1,0917	1,82778	0,105	0,103	-0,105	0,517	0,952
ML-NL	24	-0,8583	1,55813	0,172	0,110	-0,172	0,843	0,476
OK1-NA(grad)	24	-1,1083	4,28190	0,103	0,103	-0,072	0,504	0,961
OK1-NA(mm)	24	-0,7208	2,22026	0,098	0,098	-0,065	0,478	0,976
UK1-NB(grad)	24	0,9042	5,12526	0,159	0,159	-0,074	0,780	0,577
UK1-NB(mm)	24	-0,2667	1,56807	0,124	0,124	-0,070	0,605	0,857
OK1-UK1 (grad)	24	0,0667	8,02516	0,078	0,073	-0,078	0,384	0,998
N-Sp'(mm)	24	0,8292	1,64805	0,135	0,119	-0,135	0,662	0,774
Sp'-Gn(mm)	24	0,3792	1,77249	0,104	0,104	-0,070	0,508	0,959
Index	24	0,6500	3,31872	0,122	0,101	-0,122	0,597	0,868
SNP _g	24	0,8167	1,73146	0,166	0,166	-0,153	0,814	0,521
PgNB	24	0,2667	0,34347	0,182	0,182	-0,147	0,893	0,403
D-Winkel	24	0,2792	1,50852	0,191	0,191	-0,115	0,938	0,343
Pg-NB(mm)	24	0,6900	0,78627	0,153	0,153	-0,116	0,748	0,630

Tabelle 10.7 Prüfung geschlechtsspezifischer Altersunterschiede

T-Test

	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
ALTER T1	m	12	17,358	1,582	,457
	w	12	16,825	1,342	,388
ALTER T2	m	12	33,650	1,9224	,5549
	w	12	31,525	2,5335	,7313
ALTER Diff.	m	12	16,2917	1,8540	,5352
	w	12	14,7000	2,5648	,7404

	Levene-Test der Varianzgleichheit			T-Test für die Mittelwertgleichheit						
	Varianzen sind	F	Sig.	T	df	Sig. (2-seit.)	Mittlere Diff.	Stand.fehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
ALTER T1	gleich	,324	,575	,890	22	,383	,533	,599	-,709	1,775
ALTER T2	gleich	,319	,578	2,315	22	,030	2,125	,9181	,2211	4,0289
ALTER Diff.	gleich	,101	,754	1,742	22	,095	1,5917	,9136	-,3030	3,4863

Tabelle 10.8 Prüfung auf Gleichverteilung bzgl. der Merkmale Geschlecht und Vertikal-Index, χ^2 -Test

Geschlecht * Vertikal (ML-NL) Kreuztabelle

Anzahl

		Vertikal (ML-NL)			Gesamt
		Typ 1	Typ 2	Typ 3	
Geschlecht	m	2	7	3	12
	w	2	7	3	12
Gesamt		4	14	6	24

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,000(a)	2	1,000
Likelihood-Quotient	,000	2	1,000
Anzahl der gültigen Fälle	24		

a 4 Zellen (66,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,00.

Tabelle 10.9 Prüfung auf Gleichverteilung bzgl. der Merkmale Geschlecht und Typ, χ^2 -Test

Geschlecht * Vertikal (INDEX) Kreuztabelle

		Vertikal (INDEX)		Gesamt
		N-Typ	T-Typ	
Geschlecht	m	9	2	11
	w	10	2	12
Gesamt		19	4	23

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,009(b)	1	,924		
Kontinuitätskorrektur(a)	,000	1	1,000		
Likelihood-Quotient	,009	1	,924		
Exakter Test nach Fisher				1,000	,671
Anzahl der gültigen Fälle	23				

a Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

b 2 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,91.

Tabelle 10.10 T-Test der Differenzen kephalometrischer Messungen zwischen T2 und T1

T2 – T1 N=24	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	T	df	Sig. (2-seitig)	95% Konfidenzintervall der Differenz	
							Untere	Obere
SNA	,7583	2,21495	,45213	1,677	23	,107	-,1770	1,6936
SNB	,5208	1,83255	,37407	1,392	23	,177	-,2530	1,2947
ANB	,1958	1,32779	,27103	,723	23	,477	-,3648	,7565
Gn-tgo-Ar	-4,7125	20,98864	4,28429	-1,100	23	,283	-13,575	4,1502
NL-NSL	-,2083	1,75001	,35722	-,583	23	,565	-,9473	,5306
ML-NSL	-1,0917	1,82778	,37310	-2,926	23	,008	-1,8635	-,3199
ML-NL	-,8583	1,55813	,31805	-2,699	23	,013	-1,5163	-,2004
OK1-NA(grad)	-1,1083	4,28190	,87404	-1,268	23	,217	-2,9164	,6998
OK1-NA(mm)	-,7208	2,22026	,45321	-1,591	23	,125	-1,6584	,2167
UK1-NB(grad)	,9042	5,12526	1,04619	,864	23	,396	-1,2600	3,0684
UK1-NB(mm)	-,2667	1,56807	,32008	-,833	23	,413	-,9288	,3955
OK1-UK1(grad)	,0667	8,02516	1,63813	,041	23	,968	-3,3221	3,4554
N-Sp'(mm)	,8292	1,64805	,33641	2,465	23	,022	,1333	1,5251
Sp'-Gn(mm)	,3792	1,77249	,36181	1,048	23	,306	-,3693	1,1276
Index	,6500	3,31872	,67743	,960	23	,347	-,7514	2,0514
SNPg	,8167	1,73146	,35343	2,311	23	,030	,0855	1,5478
PgNB	,2667	,34347	,07011	3,804	23	,001	,1216	,4117
D-Winkel	,2792	1,50852	,30793	,907	23	,374	-,3578	,9162
Pg-NB(mm)	,6900	,78627	,16050	4,299	23	,000	,3580	1,0220

Tabelle 10.11 T-Test der Differenzen kephalometrischer Messungen zwischen T2 und T1 bei männlichen Probanden

T2 – T1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA	12	,7083	1,54182	,44508
SNB	12	,4667	,91187	,26324
ANB	12	,1750	1,39227	,40191
Gn-tgo-Ar	12	-,6000	1,43527	,41433
NL-NSL	12	-,3583	1,30067	,37547
ML-NSL	12	-1,1500	1,46070	,42167
ML-NL	12	-,7667	1,42722	,41200
OK1-NA(grad)	12	-2,2833	4,39976	1,27010
OK1-NA(mm)	12	-1,4417	2,05402	,59295
UK1-NB(grad)	12	-,5583	4,38499	1,26584
UK1-NB(mm)	12	-1,0083	1,18049	,34078
OK1-UK1(grad)	12	2,7667	7,46572	2,15517
N-Sp'(mm)	12	1,1250	1,21814	,35165
Sp'-Gn(mm)	12	,6833	1,92346	,55525
Index	12	,8083	3,15809	,91166
SNPg	12	,7750	,93335	,26943
PgNB	12	,3000	,15374	,04438
D-Winkel	12	,4167	1,37961	,39826
Pg-NB(mm)	12	,7667	,42498	,12268

T2 – T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA	1,591	11	,140	,7083	-,2713	1,6880
SNB	1,773	11	,104	,4667	-,1127	1,0460
ANB	,435	11	,672	,1750	-,7096	1,0596
Gn-tgo-Ar	-1,448	11	,175	-,6000	-1,5119	,3119
NL-NSL	-,954	11	,360	-,3583	-1,1847	,4681
ML-NSL	-2,727	11	,020	-1,1500	-2,0781	-,2219
ML-NL	-1,861	11	,090	-,7667	-1,6735	,1401
OK1-NA(grad)	-1,798	11	,100	-2,2833	-5,0788	,5121
OK1-NA(mm)	-2,431	11	,033	-1,4417	-2,7467	-,1366
UK1-NB(grad)	-,441	11	,668	-,5583	-3,3444	2,2278
UK1-NB(mm)	-2,959	11	,013	-1,0083	-1,7584	-,2583
OK1-UK1(grad)	1,284	11	,226	2,7667	-1,9768	7,5102
N-Sp'(mm)	3,199	11	,008	1,1250	,3510	1,8990
Sp'-Gn(mm)	1,231	11	,244	,6833	-,5388	1,9054
Index	,887	11	,394	,8083	-1,1982	2,8149
SNPg	2,876	11	,015	,7750	,1820	1,3680
PgNB	6,760	11	,000	,3000	,2023	,3977
D-Winkel	1,046	11	,318	,4167	-,4599	1,2932
Pg-NB(mm)	6,249	11	,000	,7667	,4966	1,0367

Tabelle 10.12 T-Test der Differenzen kephalometrischer Messungen zwischen T2 und T1 bei weiblichen Probanden

T2 – T1	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA	12	,8083	2,80631	,81011
SNB	12	,5750	2,48674	,71786
ANB	12	,2167	1,32173	,38155
Gn-tgo-Ar	12	-8,8250	29,70072	8,57386
NL-NSL	12	-,0583	2,15932	,62334
ML-NSL	12	-1,0333	2,20096	,63536
ML-NL	12	-,9500	1,73808	,50174
OK1-NA(grad)	12	,0667	3,99576	1,15348
OK1-NA(mm)	12	,0000	2,22588	,64256
UK1-NB(grad)	12	2,3667	5,57043	1,60804
UK1-NB(mm)	12	,4750	1,59609	,46075
OK1-UK1(grad)	12	-2,6333	7,93844	2,29163
N-Sp'(mm)	12	,5333	2,00106	,57766
Sp'-Gn(mm)	12	,0750	1,63325	,47148
Index	12	,4917	3,60567	1,04087
SNPg	12	,8583	2,32240	,67042
PgNB	12	,2333	,46969	,13559
D-Winkel	12	,1417	1,67737	,48421
Pg-NB(mm)	12	,6133	1,04844	,30266

T2– T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA	,998	11	,340	,8083	-,9747	2,5914
SNB	,801	11	,440	,5750	-1,0050	2,1550
ANB	,568	11	,582	,2167	-,6231	1,0565
Gn-tgo-Ar	-1,029	11	,325	-8,8250	-27,6959	10,0459
NL-NSL	-,094	11	,927	-,0583	-1,4303	1,3136
ML-NSL	-1,626	11	,132	-1,0333	-2,4318	,3651
ML-NL	-1,893	11	,085	-,9500	-2,0543	,1543
OK1-NA(grad)	,058	11	,955	,0667	-2,4721	2,6054
OK1-NA(mm)	,000	11	1,000	,0000	-1,4143	1,4143
UK1-NB(grad)	1,472	11	,169	2,3667	-1,1726	5,9059
UK1-NB(mm)	1,031	11	,325	,4750	-,5391	1,4891
OK1-UK1(grad)	-1,149	11	,275	-2,6333	-7,6772	2,4105
N-Sp'(mm)	,923	11	,376	,5333	-,7381	1,8047
Sp'-Gn(mm)	,159	11	,876	,0750	-,9627	1,1127
Index	,472	11	,646	,4917	-1,7993	2,7826
SNPg	1,280	11	,227	,8583	-,6173	2,3339
PgNB	1,721	11	,113	,2333	-,0651	,5318
D-Winkel	,293	11	,775	,1417	-,9241	1,2074
Pg-NB(mm)	2,026	11	,068	,6133	-,0528	1,2795

Tabelle 10.13 Geschlechtsspezifischer Unterschied (T-Test) bezüglich der Veränderungen kephalometrischer Messwerte T2-T1

T2 – T1	Geschlecht	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA	m	12	,7083	1,54182	,44508
	w	12	,8083	2,80631	,81011
SNB	m	12	,4667	,91187	,26324
	w	12	,5750	2,48674	,71786
ANB	m	12	,1750	1,39227	,40191
	w	12	,2167	1,32173	,38155
Gn-tgo-Ar	m	12	-,6000	1,43527	,41433
	w	12	-8,8250	29,70072	8,57386
NL-NSL	m	12	-,3583	1,30067	,37547
	w	12	-,0583	2,15932	,62334
ML-NSL	m	12	-1,1500	1,46070	,42167
	w	12	-1,0333	2,20096	,63536
ML-NL	m	12	-,7667	1,42722	,41200
	w	12	-,9500	1,73808	,50174
OK1-NA(grad)	m	12	-2,2833	4,39976	1,27010
	w	12	,0667	3,99576	1,15348
OK1-NA(mm)	m	12	-1,4417	2,05402	,59295
	w	12	,0000	2,22588	,64256
UK1-NB(grad)	m	12	-,5583	4,38499	1,26584
	w	12	2,3667	5,57043	1,60804
UK1-NB(mm)	m	12	-1,0083	1,18049	,34078
	w	12	,4750	1,59609	,46075
OK1-UK1(grad)	m	12	2,7667	7,46572	2,15517
	w	12	-2,6333	7,93844	2,29163
N-Sp'(mm)	m	12	1,1250	1,21814	,35165
	w	12	,5333	2,00106	,57766
Sp'-Gn(mm)	m	12	,6833	1,92346	,55525
	w	12	,0750	1,63325	,47148
Index	m	12	,8083	3,15809	,91166
	w	12	,4917	3,60567	1,04087
SNPg	m	12	,7750	,93335	,26943
	w	12	,8583	2,32240	,67042
PgNB	m	12	,3000	,15374	,04438
	w	12	,2333	,46969	,13559
D-Winkel	m	12	,4167	1,37961	,39826
	w	12	,1417	1,67737	,48421
Pg-NB(mm)	m	12	,7667	,42498	,12268
	w	12	,6133	1,04844	,30266

T2 – T1	Varianzen sind	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
SNA	gleich	2,015	,170	-,108	22	,915	-,1000	,92433	-2,01694	1,81694
	ungleich			-,108	17,086	,915	-,1000	,92433	-2,04941	1,84941
SNB	gleich	4,635	,043	-,142	22	,889	-,1083	,76460	-1,69402	1,47735
	ungleich			-,142	13,906	,889	-,1083	,76460	-1,74928	1,53262
ANB	gleich	,024	,879	-,075	22	,941	-,0417	,55418	-1,19096	1,10763
	ungleich			-,075	21,941	,941	-,0417	,55418	-1,19114	1,10781
Gn-tgo-Ar	gleich	4,167	,053	,958	22	,348	8,2250	8,58387	-9,57685	26,02685
	ungleich			,958	11,051	,358	8,2250	8,58387	10,65725	27,10725
NL-NSL	gleich	1,559	,225	-,412	22	,684	-,3000	,72769	-1,80914	1,20914
	ungleich			-,412	18,054	,685	-,3000	,72769	-1,82849	1,22849
ML-NSL	gleich	,473	,499	-,153	22	,880	-,1167	,76255	-1,69811	1,46478
	ungleich			-,153	19,115	,880	-,1167	,76255	-1,71206	1,47873
ML-NL	gleich	,222	,642	,282	22	,780	,1833	,64922	-1,16307	1,52974
	ungleich			,282	21,198	,780	,1833	,64922	-1,16603	1,53270
OK1-NA(grad)	gleich	,911	,350	-1,37	22	,185	-2,3500	1,71571	-5,90817	1,20817
	ungleich			-1,37	21,799	,185	-2,3500	1,71571	-5,91007	1,21007
OK1-NA(mm)	gleich	,119	,734	-1,65	22	,113	-1,4417	,87434	-3,25493	,37160
	ungleich			-1,65	21,859	,113	-1,4417	,87434	-3,25560	,37227
UK1-NB(grad)	gleich	1,038	,319	-1,43	22	,167	-2,9250	2,04650	-7,16918	1,31918
	ungleich			-1,43	20,850	,168	-2,9250	2,04650	-7,18279	1,33279
UK1-NB(mm)	gleich	,109	,744	-2,59	22	,017	-1,4833	,57308	-2,67183	-,29484
	ungleich			-2,59	20,263	,017	-1,4833	,57308	-2,67777	-,28890
OK1-UK1(grd)	gleich	,015	,903	1,717	22	,100	5,4000	3,14584	-1,12407	11,92407
	ungleich			1,717	21,918	,100	5,4000	3,14584	-1,12550	11,92550
N-Sp'(mm)	gleich	,716	,406	,875	22	,391	,5917	,67627	-,81083	1,99417
	ungleich			,875	18,168	,393	,5917	,67627	-,82818	2,01152
Sp'-Gn(mm)	gleich	,772	,389	,835	22	,413	,6083	,72842	-,90232	2,11899
	ungleich			,835	21,437	,413	,6083	,72842	-,90463	2,12129
Index	gleich	,130	,722	,229	22	,821	,3167	1,38367	-2,55288	3,18622
	ungleich			,229	21,625	,821	,3167	1,38367	-2,55577	3,18911
SNPg	gleich	2,945	,100	-,115	22	,909	-,0833	,72254	-1,58178	1,41511
	ungleich			-,115	14,463	,910	-,0833	,72254	-1,62838	1,46171
PgNB	gleich	4,000	,058	,467	22	,645	,0667	,14267	-,22920	,36254
	ungleich			,467	13,330	,648	,0667	,14267	-,24077	,37410
D-Winkel	gleich	,135	,717	,439	22	,665	,2750	,62696	-1,02523	1,57523
	ungleich			,439	21,210	,665	,2750	,62696	-1,02804	1,57804
Pg-NB(mm)	gleich	2,608	,121	,470	22	,643	,1533	,32658	-,52395	,83061
	ungleich			,470	14,520	,646	,1533	,32658	-,54476	,85143

Tabelle 10.14 T-Test der kephalometrischen Veränderungen zwischen T1 und T2 bezüglich der Relation Mittelgesicht zu Untergesicht, ausgedrückt durch den Index

Vertikal (INDEX) = N-Typ

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	19	1,2211	1,81616	,41665
SNB'	19	,7895	1,66996	,38312
ANB'	19	,4211	1,28866	,29564
Gn-tgo-Ar'	19	-6,0368	23,52493	5,39699
NL-NSL'	19	-,3053	1,85187	,42485
ML-NSL'	19	-1,5000	1,59164	,36515
ML-NL'	19	-1,1579	1,51486	,34753
OK1-NA(grad)'	19	-1,4421	4,27633	,98106
OK1-NA(mm)'	19	-1,1211	1,92746	,44219
UK1-NB(grad)'	19	1,3632	5,39034	1,23663
UK1-NB(mm)'	19	-,0947	1,53857	,35297
OK1-UK1(grad)'	19	-,2895	8,21428	1,88448
N-Sp'(mm)'	19	,6789	1,69200	,38817
Sp'-Gn(mm)'	19	,0053	1,72449	,39562
Index'	19	,8789	3,27237	,75073
SNPg'	19	1,1158	1,48783	,34133
PgNB'	19	,2947	,37929	,08701
D-Winkel'	19	,0263	1,36416	,31296
Pg-NB(mm)'	19	,7558	,86578	,19862

T2 – T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA'	2,931	18	,009	1,2211	,3457	2,0964
SNB'	2,061	18	,054	,7895	-,0154	1,5944
ANB'	1,424	18	,171	,4211	-,2001	1,0422
Gn-tgo-Ar'	-1,119	18	,278	-6,0368	-17,3755	5,3018
NL-NSL'	-,719	18	,482	-,3053	-1,1978	,5873
ML-NSL'	-4,108	18	,001	-1,5000	-2,2671	-,7329
ML-NL'	-3,332	18	,004	-1,1579	-1,8880	-,4278
OK1-NA(grad)'	-1,470	18	,159	-1,4421	-3,5032	,6190
OK1-NA(mm)'	-2,535	18	,021	-1,1211	-2,0501	-,1920
UK1-NB(grad)'	1,102	18	,285	1,3632	-1,2349	3,9612
UK1-NB(mm)'	-,268	18	,791	-,0947	-,8363	,6468
OK1-UK1(grad)'	-,154	18	,880	-,2895	-4,2486	3,6697
N-Sp'(mm)'	1,749	18	,097	,6789	-,1366	1,4945
Sp'-Gn(mm)'	,013	18	,990	,0053	-,8259	,8364
Index'	1,171	18	,257	,8789	-,6983	2,4562
SNPg'	3,269	18	,004	1,1158	,3987	1,8329
PgNB'	3,387	18	,003	,2947	,1119	,4775
D-Winkel'	,084	18	,934	,0263	-,6312	,6838
Pg-NB(mm)'	3,805	18	,001	,7558	,3385	1,1731

Vertikal (INDEX) = T-Typ

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	4	-1,2000	3,32365	1,66183
SNB'	4	-,7000	2,55995	1,27997
ANB'	4	-,6750	1,41745	,70873
Gn-tgo-Ar'	4	,3250	1,86793	,93397
NL-NSL'	4	,5250	1,31498	,65749
ML-NSL'	4	,6500	2,25906	1,12953
ML-NL'	4	,1250	1,39851	,69926
OK1-NA(grad)'	4	-,4000	5,03653	2,51827
OK1-NA(mm)'	4	1,2000	3,09300	1,54650
UK1-NB(grad)'	4	-,9750	4,53091	2,26546
UK1-NB(mm)'	4	-,7250	1,86971	,93486
OK1-UK1(grad)'	4	2,1250	9,04116	4,52058
N-Sp'(mm)'	4	1,4000	1,72047	,86023
Sp'-Gn(mm)'	4	1,7500	1,40594	,70297
Index'	4	-,3000	4,30736	2,15368
SNPg'	4	-,4500	2,62107	1,31053
PgNB'	4	,2000	,08165	,04082
D-Winkel'	4	,9250	1,91725	,95862
Pg-NB(mm)'	4	,5500	,17321	,08660

Test bei einer Stichprobe(a)

T2 – T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA'	-,722	3	,522	-1,2000	-6,4887	4,0887
SNB'	-,547	3	,623	-,7000	-4,7734	3,3734
ANB'	-,952	3	,411	-,6750	-2,9305	1,5805
Gn-tgo-Ar'	,348	3	,751	,3250	-2,6473	3,2973
NL-NSL'	,798	3	,483	,5250	-1,5674	2,6174
ML-NSL'	,575	3	,605	,6500	-2,9447	4,2447
ML-NL'	,179	3	,870	,1250	-2,1003	2,3503
OK1-NA(grad)'	-,159	3	,884	-,4000	-8,4142	7,6142
OK1-NA(mm)'	,776	3	,494	1,2000	-3,7217	6,1217
UK1-NB(grad)'	-,430	3	,696	-,9750	-8,1847	6,2347
UK1-NB(mm)'	-,776	3	,495	-,7250	-3,7001	2,2501
OK1-UK1(grad)'	,470	3	,670	2,1250	-12,2615	16,5115
N-Sp'(mm)'	1,627	3	,202	1,4000	-1,3376	4,1376
Sp'-Gn(mm)'	2,489	3	,089	1,7500	-,4872	3,9872
Index'	-,139	3	,898	-,3000	-7,1540	6,5540
SNPg'	-,343	3	,754	-,4500	-4,6207	3,7207
PgNB'	4,899	3	,016	,2000	,0701	,3299
D-Winkel'	,965	3	,406	,9250	-2,1258	3,9758
Pg-NB(mm)'	6,351	3	,008	,5500	,2744	,8256

Tabelle 10.15 Vertikal (Index) Differenzenvergleich

	V_INDEX	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	N-Typ	19	1,2211	1,81616	,41665
	T-Typ	4	-1,2000	3,32365	1,66183
SNB'	N-Typ	19	,7895	1,66996	,38312
	T-Typ	4	-,7000	2,55995	1,27997
ANB'	N-Typ	19	,4211	1,28866	,29564
	T-Typ	4	-,6750	1,41745	,70873
Gn-tgo-Ar'	N-Typ	19	-6,0368	23,52493	5,39699
	T-Typ	4	,3250	1,86793	,93397
NL-NSL'	N-Typ	19	-,3053	1,85187	,42485
	T-Typ	4	,5250	1,31498	,65749
ML-NSL'	N-Typ	19	-1,5000	1,59164	,36515
	T-Typ	4	,6500	2,25906	1,12953
ML-NL'	N-Typ	19	-1,1579	1,51486	,34753
	T-Typ	4	,1250	1,39851	,69926
OK1-NA(grad)'	N-Typ	19	-1,4421	4,27633	,98106
	T-Typ	4	-,4000	5,03653	2,51827
OK1-NA(mm)'	N-Typ	19	-1,1211	1,92746	,44219
	T-Typ	4	1,2000	3,09300	1,54650
UK1-NB(grad)'	N-Typ	19	1,3632	5,39034	1,23663
	T-Typ	4	-,9750	4,53091	2,26546
UK1-NB(mm)'	N-Typ	19	-,0947	1,53857	,35297
	T-Typ	4	-,7250	1,86971	,93486
OK1-UK1(grad)'	N-Typ	19	-,2895	8,21428	1,88448
	T-Typ	4	2,1250	9,04116	4,52058
N-Sp'(mm)'	N-Typ	19	,6789	1,69200	,38817
	T-Typ	4	1,4000	1,72047	,86023
Sp'-Gn(mm)'	N-Typ	19	,0053	1,72449	,39562
	T-Typ	4	1,7500	1,40594	,70297
Index'	N-Typ	19	,8789	3,27237	,75073
	T-Typ	4	-,3000	4,30736	2,15368
SNPg'	N-Typ	19	1,1158	1,48783	,34133
	T-Typ	4	-,4500	2,62107	1,31053
PgNB'	N-Typ	19	,2947	,37929	,08701
	T-Typ	4	,2000	,08165	,04082
D-Winkel'	N-Typ	19	,0263	1,36416	,31296
	T-Typ	4	,9250	1,91725	,95862
Pg-NB(mm)'	N-Typ	19	,7558	,86578	,19862
	T-Typ	4	,5500	,17321	,08660

Test bei unabhängigen Stichproben

	Varianzen	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T'	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
SNA'	gleich	3,518	,075	2,097	21	,048	2,4211	1,15464	,01985	4,82225
	ungleich			1,413	3,387	,243	2,4211	1,71326	-2,69542	7,53753
SNB'	gleich	,698	,413	1,484	21	,153	1,4895	1,00336	-,59712	3,57607
	ungleich			1,115	3,557	,335	1,4895	1,33608	-2,40966	5,38860
ANB'	gleich	,146	,706	1,523	21	,143	1,0961	,71947	-,40016	2,59226
	ungleich			1,427	4,114	,225	1,0961	,76792	-1,01290	3,20501
Gn-tgo-Ar'	gleich	,657	,427	-,531	21	,601	-6,3618	11,98782	-31,29188	18,56819
	ungleich			-1,162	18,992	,260	-6,3618	5,47721	-17,82609	5,10241
NL-NSL'	gleich	,346	,563	-,845	21	,407	-,8303	,98201	-2,87246	1,21194
	ungleich			-1,061	5,858	,331	-,8303	,78281	-2,75704	1,09651
ML-NSL'	gleich	,685	,417	-2,295	21	,032	-2,1500	,93690	-4,09838	-,20162
	ungleich			-1,811	3,653	,151	-2,1500	1,18708	-5,57303	1,27303
ML-NL'	gleich	,137	,715	-1,556	21	,135	-1,2829	,82451	-2,99757	,43178
	ungleich			-1,643	4,618	,166	-1,2829	,78086	-3,34111	,77532
OK1-NA(grad)'	gleich	,029	,867	-,431	21	,671	-1,0421	2,41667	-6,06785	3,98364
	ungleich			-,386	3,965	,720	-1,0421	2,70262	-8,57235	6,48814
OK1-NA(mm)'	gleich	2,496	,129	-1,978	21	,061	-2,3211	1,17358	-4,76164	,11954
	ungleich			-1,443	3,507	,232	-2,3211	1,60848	-7,04593	2,40382
UK1-NB(grad)'	gleich	,063	,804	,806	21	,430	2,3382	2,90251	-3,69794	8,37426
	ungleich			,906	4,980	,407	2,3382	2,58100	-4,30434	8,98066
UK1-NB(mm)'	gleich	,759	,394	,721	21	,479	,6303	,87475	-1,18887	2,44940
	ungleich			,631	3,903	,563	,6303	,99927	-2,17154	3,43207
OK1-UK1(grad)'	gleich	,039	,844	-,526	21	,604	-2,4145	4,58658	-11,95279	7,12384
	ungleich			-,493	4,113	,647	-2,4145	4,89764	-15,86697	11,03802
N-Sp'(mm)'	gleich	,124	,728	-,773	21	,448	-,7211	,93306	-2,66145	1,21934
	ungleich			-,764	4,316	,484	-,7211	,94376	-3,26733	1,82523
Sp'-Gn(mm)'	gleich	,251	,622	-1,885	21	,073	-1,7447	,92567	-3,66978	,18031
	ungleich			-2,163	5,116	,082	-1,7447	,80665	-3,80426	,31478
Index'	gleich	1,434	,245	,623	21	,540	1,1789	1,89205	-2,75579	5,11369
	ungleich			,517	3,764	,634	1,1789	2,28077	-5,31314	7,67103
SNPg'	gleich	1,350	,258	1,678	21	,108	1,5658	,93339	-,37531	3,50689
	ungleich			1,156	3,418	,322	1,5658	1,35426	-2,46059	5,59216
PgNB'	gleich	2,256	,148	,489	21	,630	,0947	,19392	-,30854	,49802
	ungleich			,986	20,761	,336	,0947	,09612	-,10529	,29476
D-Winkel'	gleich	,559	,463	-1,122	21	,275	-,8987	,80103	-2,56451	,76714
	ungleich			-,891	3,667	,427	-,8987	1,00842	-3,80180	2,00444
Pg-NB(mm)'	gleich	2,537	,126	,465	21	,647	,2058	,44242	-,71428	1,12586
	ungleich			,950	20,951	,353	,2058	,21668	-,24489	,65647

Tabelle 10.16 T-Test der kephalometrischen Veränderungen zwischen T1 und T2 bezüglich der Inklination der Kieferbasen zueinander, gruppiert nach Vertikal (ML-NL)

	Vertikal (ML-NL)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	Typ 1	4	,9250	,76322	,38161
	Typ 2	14	,8786	2,64260	,70627
SNB'	Typ 1	4	,4250	,29861	,14930
	Typ 2	14	,6429	2,33031	,62280
ANB'	Typ 1	4	,4500	,73258	,36629
	Typ 2	14	,2357	1,52043	,40635
Gn-tgo-Ar'	Typ 1	4	-,0250	1,59034	,79517
	Typ 2	14	-,6143	,77941	,20830
NL-NSL'	Typ 1	4	-,9000	,49666	,24833
	Typ 2	14	-,2429	1,93697	,51768
ML-NSL'	Typ 1	4	-1,4750	1,29711	,64856
	Typ 2	14	-1,1000	2,08179	,55638
ML-NL'	Typ 1	4	-,5250	1,76706	,88353
	Typ 2	14	-,8286	1,73402	,46344
OK1-NA(grad)'	Typ 1	4	2,9000	4,28486	2,14243
	Typ 2	14	-2,3286	3,11236	,83181
OK1-NA(mm)'	Typ 1	4	-1,1000	,64807	,32404
	Typ 2	14	-,9714	2,52234	,67412
UK1-NB(grad)'	Typ 1	4	2,8500	3,81007	1,90504
	Typ 2	14	-,2500	5,20381	1,39078
UK1-NB(mm)'	Typ 1	4	-,1000	1,25167	,62583
	Typ 2	14	-,5500	1,57272	,42033
OK1-UK1(grad)'	Typ 1	4	-6,1750	6,15596	3,07798
	Typ 2	14	2,4286	6,33117	1,69208
N-Sp'(mm)'	Typ 1	4	,6250	,75000	,37500
	Typ 2	14	,8857	1,95796	,52329
Sp'-Gn(mm)'	Typ 1	4	,1500	2,25906	1,12953
	Typ 2	14	,3143	1,38501	,37016
Index'	Typ 1	4	,7750	1,48633	,74316
	Typ 2	14	,9929	3,46687	,92656
SNPg'	Typ 1	4	,5500	,34157	,17078
	Typ 2	14	,9643	2,18019	,58268
PgNB'	Typ 1	4	,0750	,05000	,02500
	Typ 2	14	,3143	,43120	,11524
D-Winkel'	Typ 1	4	,7250	1,70367	,85184
	Typ 2	14	,2143	1,78060	,47589
Pg-NB(mm)'	Typ 1	4	,2500	,19149	,09574
	Typ 2	14	,7714	,98483	,26321

Test bei unabhängigen Stichproben

	Varianzen	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
SNA'	gleich	2,650	,123	,034	16	,973	,0464	1,36341	-2,84387	2,93673
	ungleich			,058	15,846	,955	,0464	,80277	-1,65671	1,74956
SNB'	gleich	3,360	,085	-,183	16	,857	-,2179	1,19313	-2,74718	2,31147
	ungleich			-,340	14,332	,739	-,2179	,64045	-1,58850	1,15279
ANB'	gleich	2,496	,134	,269	16	,792	,2143	,79754	-1,47642	1,90499
	ungleich			,392	11,062	,703	,2143	,54707	-,98899	1,41756
Gn-tgo-Ar'	gleich	2,726	,118	1,057	16	,306	,5893	,55774	-,59307	1,77164
	ungleich			,717	3,422	,519	,5893	,82200	-1,85327	3,03184
NL-NSL'	gleich	2,173	,160	-,659	16	,519	-,6571	,99735	-2,77143	1,45714
	ungleich			-1,145	16,000	,269	-,6571	,57416	-1,87430	,56002
ML-NSL'	gleich	,521	,481	-,338	16	,740	-,3750	1,11051	-2,72917	1,97917
	ungleich			-,439	8,036	,672	-,3750	,85451	-2,34396	1,59396
ML-NL'	gleich	,000	,990	,308	16	,762	,3036	,98663	-1,78800	2,39514
	ungleich			,304	4,794	,774	,3036	,99770	-2,29457	2,90172
OK1-NA(grad)'	gleich	,042	,840	2,742	16	,014	5,2286	1,90692	1,18609	9,27106
	ungleich			2,275	3,952	,086	5,2286	2,29824	-1,18311	11,64025
OK1-NA(mm)'	gleich	5,453	,033	-,099	16	,922	-,1286	1,29880	-2,88189	2,62475
	ungleich			-,172	16,000	,866	-,1286	,74796	-1,71417	1,45703
UK1-NB(grad)'	gleich	,171	,684	1,100	16	,288	3,1000	2,81905	-2,87611	9,07611
	ungleich			1,314	6,616	,232	3,1000	2,35869	-2,54366	8,74366
UK1-NB(mm)'	gleich	,160	,694	,523	16	,608	,4500	,86046	-1,37409	2,27409
	ungleich			,597	6,034	,572	,4500	,75388	-1,39220	2,29220
OK1-UK1(grad)'	gleich	,074	,789	-2,409	16	,028	-8,6036	3,57102	-	-1,03334
	ungleich			-2,449	4,982	,058	-8,6036	3,51242	17,64222	,43507
N-Sp'(mm)'	gleich	1,831	,195	-,256	16	,801	-,2607	1,01740	-2,41750	1,89607
	ungleich			-,405	13,898	,692	-,2607	,64378	-1,64244	1,12101
Sp ² -Gn(mm)'	gleich	2,860	,110	-,183	16	,857	-,1643	,89919	-2,07048	1,74190
	ungleich			-,138	3,669	,897	-,1643	1,18863	-3,58518	3,25661
Index'	gleich	1,484	,241	-,120	16	,906	-,2179	1,80889	-4,05253	3,61682
	ungleich			-,183	12,568	,857	-,2179	1,18777	-2,79288	2,35717
SNPg'	gleich	2,505	,133	-,371	16	,716	-,4143	1,11731	-2,78289	1,95431
	ungleich			-,682	14,854	,506	-,4143	,60719	-1,70959	,88102
PgNB'	gleich	2,549	,130	-1,084	16	,294	-,2393	,22070	-,70715	,22858
	ungleich			-2,029	14,117	,062	-,2393	,11792	-,49201	,01344
D-Winkel'	gleich	,015	,905	,510	16	,617	,5107	1,00147	-1,61232	2,63374
	ungleich			,523	5,051	,623	,5107	,97575	-1,98990	3,01133
Pg-NB(mm)'	gleich	2,537	,131	-1,032	16	,318	-,5214	,50548	-1,59299	,55013
	ungleich			-1,862	15,492	,082	-,5214	,28008	-1,11676	,07390

Gruppenstatistiken

	Vertikal (ML-NL)	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	Typ 1	4	,9250	,76322	,38161
	Typ 3	6	,3667	1,95312	,79736
SNB'	Typ 1	4	,4250	,29861	,14930
	Typ 3	6	,3000	1,08074	,44121
ANB'	Typ 1	4	,4500	,73258	,36629
	Typ 3	6	-,0667	1,28010	,52260
Gn-tgo-Ar'	Typ 1	4	-,0250	1,59034	,79517
	Typ 3	6	-17,4000	42,01828	17,15389
NL-NSL'	Typ 1	4	-,9000	,49666	,24833
	Typ 3	6	,3333	1,85652	,75792
ML-NSL'	Typ 1	4	-1,4750	1,29711	,64856
	Typ 3	6	-,8167	1,69755	,69302
ML-NL'	Typ 1	4	-,5250	1,76706	,88353
	Typ 3	6	-1,1500	1,13270	,46242
OK1- NA(grad)'	Typ 1	4	2,9000	4,28486	2,14243
	Typ 3	6	-,9333	5,57482	2,27591
OK1- NA(mm)'	Typ 1	4	-1,1000	,64807	,32404
	Typ 3	6	,1167	2,17937	,88973
UK1- NB(grad)'	Typ 1	4	2,8500	3,81007	1,90504
	Typ 3	6	2,3000	5,71139	2,33167
UK1- NB(mm)'	Typ 1	4	-,1000	1,25167	,62583
	Typ 3	6	,2833	1,82474	,74495
OK1- UK1(grad)'	Typ 1	4	-6,1750	6,15596	3,07798
	Typ 3	6	-1,2833	10,96931	4,47820
N-Sp'(mm)'	Typ 1	4	,6250	,75000	,37500
	Typ 3	6	,8333	1,46515	,59815
Sp'-Gn(mm)'	Typ 1	4	,1500	2,25906	1,12953
	Typ 3	6	,6833	2,49753	1,01961
Index'	Typ 1	4	,7750	1,48633	,74316
	Typ 3	6	-,2333	4,10008	1,67385
SNPg'	Typ 1	4	,5500	,34157	,17078
	Typ 3	6	,6500	1,10045	,44926
PgNB'	Typ 1	4	,0750	,05000	,02500
	Typ 3	6	,2833	,14720	,06009
D-Winkel'	Typ 1	4	,7250	1,70367	,85184
	Typ 3	6	,1333	,53541	,21858
Pg-NB(mm)'	Typ 1	4	,2500	,19149	,09574
	Typ 3	6	,7933	,33744	,13776

Test bei unabhängigen Stichproben

	Varianzen	Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
SNA'	gleich	1,283	,290	,536	8	,606	,5583	1,04135	-1,84303	2,95970
	ungleich			,632	6,946	,548	,5583	,88397	-1,53525	2,65192
SNB'	gleich	1,461	,261	,222	8	,830	,1250	,56400	-1,17559	1,42559
	ungleich			,268	6,078	,797	,1250	,46579	-1,01121	1,26121
ANB'	gleich	1,105	,324	,723	8	,490	,5167	,71456	-1,13110	2,16444
	ungleich			,810	7,930	,442	,5167	,63818	-,95726	1,99059
Gn-tgo-Ar'	gleich	3,672	,092	,810	8	,441	17,3750	21,45158	-32,09243	66,84243
	ungleich			1,012	5,021	,358	17,3750	17,17231	-26,71112	61,46112
NL-NSL'	gleich	7,369	,026	-1,275	8	,238	-1,2333	,96753	-3,46446	,99779
	ungleich			-1,546	6,016	,173	-1,2333	,79757	-3,18368	,71702
ML-NSL'	gleich	1,195	,306	-,654	8	,531	-,6583	1,00664	-2,97965	1,66298
	ungleich			-,694	7,722	,508	-,6583	,94916	-2,86090	1,54423
ML-NL'	gleich	,960	,356	,689	8	,510	,6250	,90665	-1,46573	2,71573
	ungleich			,627	4,659	,560	,6250	,99723	-1,99594	3,24594
OK1-NA(grad)'	gleich	,711	,423	1,158	8	,280	3,8333	3,31091	-3,80165	11,46832
	ungleich			1,226	7,704	,256	3,8333	3,12566	-3,42287	11,08954
OK1-NA(mm)'	gleich	4,617	,064	-1,066	8	,318	-1,2167	1,14128	-3,84846	1,41513
	ungleich			-1,285	6,232	,245	-1,2167	,94690	-3,51292	1,07958
UK1-NB(grad)'	gleich	,056	,820	,168	8	,871	,5500	3,28070	-7,01532	8,11532
	ungleich			,183	7,978	,860	,5500	3,01095	-6,39657	7,49657
UK1-NB(mm)'	gleich	,452	,521	-,364	8	,726	-,3833	1,05446	-2,81493	2,04826
	ungleich			-,394	7,949	,704	-,3833	,97294	-2,62944	1,86277
OK1-UK1(grad)'	gleich	,960	,356	-,801	8	,446	-4,8917	6,10377	-18,96699	9,18366
	ungleich			-,900	7,901	,395	-4,8917	5,43399	-17,44981	7,66648
N-Sp'(mm)'	gleich	1,126	,320	-,259	8	,802	-,2083	,80431	-2,06308	1,64641
	ungleich			-,295	7,716	,776	-,2083	,70598	-1,84680	1,43013
Sp'-Gn(mm)'	gleich	,154	,705	-,343	8	,741	-,5333	1,55621	-4,12196	3,05529
	ungleich			-,350	7,066	,736	-,5333	1,52166	-4,12468	3,05801
Index'	gleich	4,002	,080	,464	8	,655	1,0083	2,17324	-4,00316	6,01983
	ungleich			,551	6,730	,600	1,0083	1,83141	-3,35778	5,37445
SNPg'	gleich	1,532	,251	-,173	8	,867	-,1000	,57758	-1,43189	1,23189
	ungleich			-,208	6,329	,842	-,1000	,48062	-1,26138	1,06138
PgNB'	gleich	4,216	,074	-2,682	8	,028	-,2083	,07767	-,38745	-,02922
	ungleich			-3,201	6,553	,016	-,2083	,06509	-,36439	-,05228
D-Winkel'	gleich	2,957	,124	,814	8	,439	,5917	,72675	-1,08423	2,26756
	ungleich			,673	3,399	,544	,5917	,87943	-2,03001	3,21335
Pg-NB(mm)'	gleich	,638	,447	-2,889	8	,020	-,5433	,18810	-,97709	-,10957
	ungleich			-3,239	7,918	,012	-,5433	,16776	-,93090	-,15577

Tabelle 10.17 T-Test der Differenzen (T2-T1) gruppiert nach Vertikal (ML-NL)

Vertikal (ML-NL) = Typ 1 Statistik bei einer Stichprobe(a)

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	4	,9250	,76322	,38161
SNB'	4	,4250	,29861	,14930
ANB'	4	,4500	,73258	,36629
Gn-tgo-Ar'	4	-,0250	1,59034	,79517
NL-NSL'	4	-,9000	,49666	,24833
ML-NSL'	4	-1,4750	1,29711	,64856
ML-NL'	4	-,5250	1,76706	,88353
OK1-NA(grad)'	4	2,9000	4,28486	2,14243
OK1-NA(mm)'	4	-1,1000	,64807	,32404
UK1-NB(grad)'	4	2,8500	3,81007	1,90504
UK1-NB(mm)'	4	-,1000	1,25167	,62583
OK1-UK1(grad)'	4	-6,1750	6,15596	3,07798
N-Sp'(mm)'	4	,6250	,75000	,37500
Sp'-Gn(mm)'	4	,1500	2,25906	1,12953
Index'	4	,7750	1,48633	,74316
SNPg'	4	,5500	,34157	,17078
PgNB'	4	,0750	,05000	,02500
D-Winkel'	4	,7250	1,70367	,85184
Pg-NB(mm)'	4	,2500	,19149	,09574

T2 - T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA'	2,424	3	,094	,9250	-,2894	2,1394
SNB'	2,847	3	,065	,4250	-,0502	,9002
ANB'	1,229	3	,307	,4500	-,7157	1,6157
Gn-tgo-Ar'	-,031	3	,977	-,0250	-2,5556	2,5056
NL-NSL'	-3,624	3	,036	-,9000	-1,6903	-,1097
ML-NSL'	-2,274	3	,107	-1,4750	-3,5390	,5890
ML-NL'	-,594	3	,594	-,5250	-3,3368	2,2868
OK1-NA(grad)'	1,354	3	,269	2,9000	-3,9182	9,7182
OK1-NA(mm)'	-3,395	3	,043	-1,1000	-2,1312	-,0688
UK1-NB(grad)'	1,496	3	,232	2,8500	-3,2127	8,9127
UK1-NB(mm)'	-,160	3	,883	-,1000	-2,0917	1,8917
OK1-UK1(grad)'	-2,006	3	,138	-6,1750	-15,9705	3,6205
N-Sp'(mm)'	1,667	3	,194	,6250	-,5684	1,8184
Sp'-Gn(mm)'	,133	3	,903	,1500	-3,4447	3,7447
Index'	1,043	3	,374	,7750	-1,5901	3,1401
SNPg'	3,220	3	,049	,5500	,0065	1,0935
PgNB'	3,000	3	,058	,0750	-,0046	,1546
D-Winkel'	,851	3	,457	,7250	-1,9859	3,4359
Pg-NB(mm)'	2,611	3	,080	,2500	-,0547	,5547

Vertikal (ML-NL) = Typ 2

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	14	,8786	2,64260	,70627
SNB'	14	,6429	2,33031	,62280
ANB'	14	,2357	1,52043	,40635
Gn-tgo-Ar'	14	-,6143	,77941	,20830
NL-NSL'	14	-,2429	1,93697	,51768
ML-NSL'	14	-1,1000	2,08179	,55638
ML-NL'	14	-,8286	1,73402	,46344
OK1-NA(grad)'	14	-2,3286	3,11236	,83181
OK1-NA(mm)'	14	-,9714	2,52234	,67412
UK1-NB(grad)'	14	-,2500	5,20381	1,39078
UK1-NB(mm)'	14	-,5500	1,57272	,42033
OK1-UK1(grad)'	14	2,4286	6,33117	1,69208
N-Sp'(mm)'	14	,8857	1,95796	,52329
Sp'-Gn(mm)'	14	,3143	1,38501	,37016
Index'	14	,9929	3,46687	,92656
SNPg'	14	,9643	2,18019	,58268
PgNB'	14	,3143	,43120	,11524
D-Winkel'	14	,2143	1,78060	,47589
Pg-NB(mm)'	14	,7714	,98483	,26321

T2 – T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA'	1,244	13	,235	,8786	-,6472	2,4044
SNB'	1,032	13	,321	,6429	-,7026	1,9883
ANB'	,580	13	,572	,2357	-,6422	1,1136
Gn-tgo-Ar'	-2,949	13	,011	-,6143	-1,0643	-,1643
NL-NSL'	-,469	13	,647	-,2429	-1,3612	,8755
ML-NSL'	-1,977	13	,070	-1,1000	-2,3020	,1020
ML-NL'	-1,788	13	,097	-,8286	-1,8298	,1726
OK1-NA(grad)'	-2,799	13	,015	-2,3286	-4,1256	-,5315
OK1-NA(mm)'	-1,441	13	,173	-,9714	-2,4278	,4849
UK1-NB(grad)'	-,180	13	,860	-,2500	-3,2546	2,7546
UK1-NB(mm)'	-1,309	13	,213	-,5500	-1,4581	,3581
OK1-UK1(grad)'	1,435	13	,175	2,4286	-1,2269	6,0841
N-Sp'(mm)'	1,693	13	,114	,8857	-,2448	2,0162
Sp'-Gn(mm)'	,849	13	,411	,3143	-,4854	1,1140
Index'	1,072	13	,303	,9929	-1,0089	2,9946
SNPg'	1,655	13	,122	,9643	-,2945	2,2231
PgNB'	2,727	13	,017	,3143	,0653	,5633
D-Winkel'	,450	13	,660	,2143	-,8138	1,2424
Pg-NB(mm)'	2,931	13	,012	,7714	,2028	1,3401

Vertikal (ML-NL) = Typ 3

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
SNA'	6	,3667	1,95312	,79736
SNB'	6	,3000	1,08074	,44121
ANB'	6	-,0667	1,28010	,52260
Gn-tgo-Ar'	6	-17,4000	42,01828	17,15389
NL-NSL'	6	,3333	1,85652	,75792
ML-NSL'	6	-,8167	1,69755	,69302
ML-NL'	6	-1,1500	1,13270	,46242
OK1-NA(grad)'	6	-,9333	5,57482	2,27591
OK1-NA(mm)'	6	,1167	2,17937	,88973
UK1-NB(grad)'	6	2,3000	5,71139	2,33167
UK1-NB(mm)'	6	,2833	1,82474	,74495
OK1-UK1(grad)'	6	-1,2833	10,96931	4,47820
N-Sp'(mm)'	6	,8333	1,46515	,59815
Sp'-Gn(mm)'	6	,6833	2,49753	1,01961
Index'	6	-,2333	4,10008	1,67385
SNPg'	6	,6500	1,10045	,44926
PgNB'	6	,2833	,14720	,06009
D-Winkel'	6	,1333	,53541	,21858
Pg-NB(mm)'	6	,7933	,33744	,13776

T2 – T1	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
					Untere	Obere
SNA'	,460	5	,665	,3667	-1,6830	2,4163
SNB'	,680	5	,527	,3000	-,8342	1,4342
ANB'	-,128	5	,903	-,0667	-1,4101	1,2767
Gn-tgo-Ar'	-1,014	5	,357	-17,4000	-61,4955	26,6955
NL-NSL'	,440	5	,678	,3333	-1,6150	2,2816
ML-NSL'	-1,178	5	,292	-,8167	-2,5981	,9648
ML-NL'	-2,487	5	,055	-1,1500	-2,3387	,0387
OK1-NA(grad)'	-,410	5	,699	-,9333	-6,7838	4,9171
OK1-NA(mm)'	,131	5	,901	,1167	-2,1704	2,4038
UK1-NB(grad)'	,986	5	,369	2,3000	-3,6937	8,2937
UK1-NB(mm)'	,380	5	,719	,2833	-1,6316	2,1983
OK1-UK1(grad)'	-,287	5	,786	-1,2833	-12,7949	10,2282
N-Sp'(mm)'	1,393	5	,222	,8333	-,7042	2,3709
Sp'-Gn(mm)'	,670	5	,532	,6833	-1,9377	3,3043
Index'	-,139	5	,895	-,2333	-4,5361	4,0694
SNPg'	1,447	5	,208	,6500	-,5049	1,8049
PgNB'	4,715	5	,005	,2833	,1289	,4378
D-Winkel'	,610	5	,569	,1333	-,4285	,6952
Pg-NB(mm)'	5,759	5	,002	,7933	,4392	1,1475

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich Frau Professor Dr. Ingrid Rudzki-Janson, Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Ludwig-Maximilians-Universität München, für die Überlassung des Promotionsthemas, sowie die freundliche und hilfsbereite Unterstützung und die gute Zusammenarbeit während der Erstellung dieser Arbeit herzlichst danken.

Ebenso gilt mein besonderer Dank Herrn Dr. Klaus Maag für seine wertvollen Ratschläge, sowie die ausgezeichnete Betreuung im Rahmen der statistischen Auswertungen.

Ferner möchte ich Herrn Dr. Thomas Sagner für die konzeptionelle Betreuung und Erstellung der Diagramme danken.

Für die ständige Motivation, die zahlreichen inhaltlichen und sprachlichen Verbesserungen danke ich meinem Mann von ganzem Herzen.

Lebenslauf

Name: Ionelia Reiter, geb. Cristescu

Geburtstag 10.02.1967

Geburtsort Alunis, Kreis Prahova, Rumänien

Eltern Cristescu Valeriu, Rentner
Cristescu Victoria, geb. Enescu, Hausfrau

Familienstand verheiratet

Schulbildung 1973-1974 Grund- und Hauptschule, Potigrafu, Kreis Prahova
1981-1985 Mathematisch physikalisch Gymnasium „I.L.Caragiale“ Ploiesti, Kreis Prahova

Hochschulbildung 1987-1992 Studium der Zahnmedizin an der Universität für Medizin, Pharmazie und Zahnheilkunde, „Carol Davila“, Bukarest, Rumänien

Berufliche Tätigkeit 1993-1994 Assistentin an der Universitätsklinik für Zahnheilkunde in Bukarest in den Fächern Chirurgie, Prothetik, Endodontie und Orthopädie
1994-1995 Aufbau, Einrichtung und Leitung der betriebszahnärztlichen Praxis von Colgate Palmolive Rumänien in Bukarest
01.12.1996-31.12.1997 Gastärztin in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians-Universität, München
März 1998 praktische und mündliche Prüfungen im Rahmen des Approbationsverfahrens als Zahnärztin
Juli 1998 Erhalt der deutschen Approbation als Zahnärztin
01.01.1998-31.12.2000 Weiterbildungsassistentin in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians-Universität, München
seit 04.07.2001 Zahnärztin für Kieferorthopädie

Unterschrift
