

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

**Skelettale und dentoalveoläre
Veränderungen nach Therapie
der Klasse II,1 mit unterschiedlichen
Behandlungsapparaturen**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2017

vorgelegt von Pia Johanna Kling

geboren am 23. Juli 1985 in Neuenbürg

Tag der Promotion:

Dekan: Professor Dr. M. D. Menger

1. Berichterstatter: Professor Dr. J. A. Lisson

2. Berichterstatter:

„Aus kleinem Anfang entspringen alle Dinge.“

(Marcus-Tullius Cicero)

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
1.1	Deutsche Zusammenfassung	1
1.2	Abstract.....	2
2	EINLEITUNG	4
2.1	Anatomie des Schädels, Entwicklung und Wachstum	4
2.2	Wachstumstheorien	6
2.3	Klassifikation der Okklusion nach Angle	7
2.4	Ätiologie der skelettalen Klasse II,1	8
2.5	Therapie der Klasse II,1	9
2.6	Herausnehmbare kieferorthopädische Apparaturen	11
2.7	Festsitzende funktionskieferorthopädische Apparaturen	11
2.8	Kephalometrische Analysen in der Kieferorthopädie	12
2.9	Ziel der Arbeit, Fragestellung.....	12
3	MATERIAL UND METHODE	13
3.1	Patientengut.....	13
3.2	Behandlungsapparaturen.....	14
3.2.1	Doppelvorschubplatte	14
3.2.2	Funktionsregler Typ II	15
3.2.3	Functional Mandibular Advancer.....	17
3.2.4	Multibracket-Apparatur mit Klasse II Gummizüge	18

3.3	Ferrröntgenseitenaufnahme	19
3.3.1	Auswahl der Ferrröntgenseitenaufnahmen	21
3.3.2	Referenzpunkte der Analyse „Homburg `02“ und der SO-Analyse nach Pancherz	22
3.4	Analyseverfahren.....	25
3.4.1	„Homburg `02“	25
3.4.2	Sagittale-Okklusionsanalyse nach Pancherz	27
3.5	Statistische Auswertung	29
3.6	Fehler nach Dahlberg	30
4	ERGEBNISSE.....	31
4.1	Ergebnisse der Studie	31
4.1.1	Patientenalter zu Behandlungsbeginn t_0	31
4.1.2	Patientenalter zu Behandlungsende t_1	32
4.1.3	Behandlungsdauer	33
4.1.4	Winkel Ar-tGo-Me zum Zeitpunkt t_0	34
4.1.5	Veränderungen des Winkels Ar-tGo-Me	35
4.1.6	Winkel SNA zum Zeitpunkt t_0	36
4.1.7	Veränderungen des Winkels SNA.....	37
4.1.8	Winkel SNB zum Zeitpunkt t_0	38
4.1.9	Veränderungen des Winkels SNB.....	39
4.1.10	Winkel ANB zum Zeitpunkt t_0	40
4.1.11	Veränderungen des Winkels ANB.....	41
4.1.12	Wits-Wert zum Zeitpunkt t_0	42
4.1.13	Veränderungen des Wits-Wertes	43
4.1.14	Veränderungen des Winkels OK1/NL	44
4.1.15	Veränderungen des Winkels UK1/ML	45

4.1.16	Veränderungen des Interinzisalwinkels II	46
4.1.17	Veränderungen der Strecke l_s/OLp minus l_i/OLp	47
4.1.18	Veränderungen der Strecke M_s/OLp minus M_i/OLp	48
4.1.19	Veränderungen der Strecke A/OLp	49
4.1.20	Veränderungen der Strecke Pog/OLp	50
4.1.21	Veränderungen der Strecke Cd/OLp	51
4.1.22	Veränderungen der Strecke Pog/OLp plus Cd/OLp	52
4.1.23	Veränderungen der Strecke l_s/OLp	53
4.1.24	Veränderungen der Strecke l_i/OLp	54
4.1.25	Veränderungen der Strecke M_s/OLp	55
4.1.26	Veränderungen der Strecke M_i/OLp	56
4.1.27	Veränderungen der Strecke l_s/OLp minus A/OLp	57
4.1.28	Veränderungen der Strecke l_i/OLp minus Pog/OLp	58
4.1.29	Veränderungen der Strecke M_s/OLp minus A/OLp	59
4.1.30	Veränderungen der Strecke M_i/OLp minus Pog/OLp	60
4.2	Zusammenfassung der Ergebnisse	61
4.3	Ergebnisse Fehler nach Dahlberg	62
5	DISKUSSION	63
5.1	Material.....	63
5.1.1	Patienten.....	63
5.1.2	Behandlungsapparaturen	64
5.2	Methode.....	65
5.2.1	Fernröntgenseitenaufnahme	65
5.2.2	Kephalometrische Analysen.....	65

5.3	Statistische Ergebnisse	66
5.3.1	Patientenalter zu t_0 und t_1 , Behandlungsdauer.....	66
5.3.2	Winkel SNA, SNB, ANB und Wits-Wert zu Behandlungsbeginn	67
5.3.3	Kephalometrische Untersuchungen der skelettalen Veränderungen	68
5.3.4	Kephalometrische Untersuchungen der dentalen Veränderungen.	71
5.4	Schlussfolgerungen	74
6	LITERATURVERZEICHNIS.....	75
7	PUBLIKATION.....	82
8	DANK.....	83
9	ANHANG	84
9.1	Abkürzungsverzeichnis	84
9.2	Tabellen.....	86

1 Zusammenfassung

1.1 Deutsche Zusammenfassung

Das Ziel dieser Studie war die Analyse unterschiedlicher herausnehmbarer und festsitzender Apparaturen bei skelettal bedingter Angle-Klasse II,1. Dafür wurden skelettale und dentale Parameter anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen (FRS) kephalometrisch untersucht.

Es wurden die Behandlungseffekte von Doppelvorschubplatte (DVP), Funktionsregler Typ II (FR II), Functional Mandibular Advancer (FMA) und Multibracket-Apparatur (MB) mit Klasse II Gummizügen nach erfolgreicher Klasse-II-Therapie untersucht. Hierzu erfolgte die Nachuntersuchung von 79 Patienten (40 weiblich und 39 männlich) im Alter von 7,8 bis 15,2 Jahren (\bar{x} 11,8 Jahre \pm 1,77). Die Einteilung der Patienten in vier Gruppen erfolgte analog zur verwendeten Apparatur. Von allen Patienten wurden neben allgemeinen Behandlungsparametern FRS zu den Zeitpunkten Beginn der Behandlung (t0) und Ende der aktiven Therapie (t1) rechnergestützt analysiert. Als Analyseverfahren wurden die Auswertungen „Homburg '02“ sowie die Sagittale-Okklusions-Analyse (SO-Analyse) nach Pancherz gewählt.

Die mittlere Behandlungsdauer der vier Gruppen variierte stark (MW: DVP 4,59 Jahre \pm 1,28, FR II 1,06 Jahre \pm 0,44, FMA 1,33 Jahre \pm 0,39, MB 1,13 Jahre \pm 0,50). Die Unterschiede zwischen DVP und den anderen Gruppen waren höchstsignifikant ($p < 0,001$). Der ANB-Winkel und der Wits-Wert verkleinerten sich in allen vier Gruppen. Dabei waren die Veränderungen des Winkels ANB zwischen den Gruppen DVP und MB hochsignifikant ($p = 0,006$, MW: DVP $2,12^\circ \pm 1,22$, MB $0,73^\circ \pm 1,24$). Der Wits-Wert zeigte signifikante Unterschiede zwischen FMA und MB ($p = 0,024$). Der Winkel SNB vergrößerte sich und zeigte im Vergleich keine signifikanten Unterschiede. Die Strecke Pog/OLp vergrößerte sich ebenfalls. Hier ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen DVP und FR II ($p = 0,018$) und zwischen DVP und MB ($p = 0,024$).

Die Molarenrelation zeigte hochsignifikante Unterschiede zwischen DVP und FR II und zwischen FMA und MB (je $p = 0,006$); höchstsignifikant unterschiedlich waren die Ergebnisse zwischen FR II und FMA ($p < 0,001$, MW: DVP 3,25 mm \pm 1,83, FR II 1,31 mm \pm 1,49, FMA 3,63 mm \pm 1,40, MB 1,72 mm \pm 1,95). Bei Betrachtung des Winkels Ar-tGo-Me wurde eine nahezu gleiche Verteilung in allen vier Gruppen erzielt. Die Mittelwerte liegen bei $121,8^\circ$ in allen vier Gruppen und zeigen keine statistisch

signifikanten Unterschiede ($p = 0,202$, MW: DVP $2,08^\circ \pm 2,98$, FR II $0,99^\circ \pm 2,49$, FMA $0,47^\circ \pm 3,51$, MB $0,61^\circ \pm 2,82$). In den Gruppen DVP und FMA konnten die größten skelettalen Veränderungen festgestellt werden. Die Ergebnisse erlauben die Vermutung eines Zusammenhangs des Behandlungserfolgs mit dessen Dauer (DVP) bzw. der Tragezeit der Apparaturen (FMA). Beide Analysen bestätigen dies.

1.2 Abstract

The study is intended to analyse a treatment method of skeletal Class II,1 malocclusion using different removable and fixed appliances. The analysis is based on a cephalometric examination of skeletal and dental parameters that have been determined of lateral radiographs. Treatment results of Tränkmann's jumping the bite appliance (DVP), functional regulator type II (FR II), Functional Mandibular Advancer (FMA) and multibracket-appliance in combination with class II elastics (MB II) after successful class-II therapy have been investigated. The follow-up of 79 patients (40 female and 39 male) at the age of 7,8 to 15,2 years (mean age $11,8 \pm 1,77$) was performed. The division of the patients was carried out according to the used appliance. For all patients beside general treatment parameters lateral radiographs at the beginning of active treatment (t0) and lateral radiographs at ending of active treatment (t1) were investigated by computer-aided analysis. „Homburg '02“ and the SO-Analyse (Pancherz) were selected as analytical methods.

The average treatment time of all four groups varies considerably (MW: DVP $4,59$ years $\pm 1,28$, FR II $1,06$ years $\pm 0,44$, FMA $1,33$ years $\pm 0,39$, MB $1,13$ years $\pm 0,50$). Differences between group DVP to the remaining groups were statistically most significant ($p < 0,001$). ANB angle and WITS were diminished in all four groups. Statistically highly significant differences of the ANB angle can be stated between the groups of DVP and MB ($p = 0,006$, MW: DVP $2,12^\circ \pm 1,22$, MB $0,73^\circ \pm 1,24$). The value of the Wits shows statistically significant differences between FMA and MB ($p = 0,024$). SNB angle in all four groups increased during the treatment but no statistically significant differences were shown. The distance Pog/OL increased for all treatment approaches as well. For this value statistically significant differences have been found between DVP and FR II ($p = 0,018$) and between DVP and MB ($p = 0,024$). Statistically highly significant differences of changes of molar relation between the appliances DVP

and FR II and between FMA and MB were found ($p = 0,006$ in each case); most statistically significant differences can be seen between the results of FR II and FMA. ($p < 0,001$, MW: DVP $3,25 \text{ mm} \pm 1,83$, FR II $1,31 \text{ mm} \pm 1,49$, FMA $3,63 \text{ mm} \pm 1,40$, MB $1,72 \text{ mm} \pm 1,95$). Regarding the angle Ar-tGo-Me a nearly similar distribution in all four groups was achieved. In all four groups the mean values were about $121,8^\circ$ and no statistically significant differences of Ar-tGo-Me between beginning and ending of treatment were shown ($p = 0,202$, MW: DVP $2,08^\circ \pm 2,98$, FR II $0,99^\circ \pm 2,49$, FMA $0,47^\circ \pm 3,51$, MB $0,61^\circ \pm 2,82$).

Most distinctly skeletal improvements were observed in groups DVP and FMA. The final values suggest a connection between success of treatment and treatment time (DVP) respectively wearing time (FMA). Both cephalometric analyses confirm this interrelation.

2 Einleitung

2.1 Anatomie des Schädels, Entwicklung und Wachstum

Ähnlich einem Mosaik setzt sich der menschliche Schädel aus vielen einzelnen Knochen zusammen. Sie unterscheiden sich dabei in Form und Größe voneinander und umgeben verschiedenste Hohlräume. Das Neurocranium ist der Anteil, welcher das Gehirn beinhaltet und schützt (Schädelkapsel). Seine eher großen und flächenhaften Anteile bilden sich aus Bindegewebe, dem Desmocranium. Hierzu gehören das Os frontale, das Os parietale, der obere Teil der Schuppe des Os occipitale und die Schuppe des Os temporale (Rohen et al., 2006; Aumüller & Doll, 2007). Als Zeitpunkt für den Beginn der desmalen Knochenbildung wird in der Literatur die achte Schwangerschaftswoche angegeben (Kahl-Nieke, 2009).

Der Vorläufer der Schädelbasis ist dagegen knorpelig, sodass man hier vom Chondrocranium spricht. Die Schädelbasis entsteht zwischen der 10. und 12. Schwangerschaftswoche. Zu ihr zählen das Os occipitale ohne den oberen Anteil der Schuppe, das Os sphenoidale, das Os ethmoidale und das Os temporale (Pars petrosa). Ventral befindet sich das Gesichtsskelett, das Splanchnocranium. Zu ihm gehören auch Maxilla und Mandibula, welche zusammen den Kauapparat bilden (Rohen et al., 2006; Aumüller & Doll, 2007). Die einzelnen Knochenteile sind über knorpelige Synchondrosen und Suturen miteinander verbunden. Pränatal beginnt die Entwicklung des Schädels (Prosenzephalon) zwischen dem 21. und dem 25. Tag. Anschließend daran entsteht das Viszerokranium. Durch Mesenchymvermehrung bilden sich die fünf Gesichtswülste. Die primitive Mundbucht, das Stomadeum, wird von diesen Wülsten umschlossen (Kahl-Nieke, 2009; Sander et al., 2011).

Mit der Einsprossung des Nervus mandibularis in das Bindegewebe des oberen Kiemenbogens beginnt die Entstehung der Mandibula. Die sich vergrößernden Unterkieferwülste schieben sich aufeinander zu, bis keine Einsenkung mehr zwischen den beiden Wülsten erkennbar ist (6. Woche). Die Mandibula entsteht durch desmale Ossifikation des Bindegewebes. Der Meckel-Knorpel, welcher zwischen dem 41. und dem 45. Tag ausgebildet wird, dient als eine Leitschiene. Er besteht nur vorläufig und baut sich mit der Bildung der Mandibula durch Resorptionsvorgänge bis zur 24. Schwangerschaftswoche fast vollständig zurück. Reste davon finden sich in dem vorläufigen

Kiefergelenk (Hammer-Amboss-Gelenk), welches den Unterkiefer mit dem Schädel verbindet und den Vorläufer des späteren Temporomandibulargelenk darstellt.

In der Schwangerschaftswoche 10 bis 11 entwickelt sich am Processus condylaris und an der Protuberantia mentalis der Sekundärknorpel aus. Mit Ausnahme des kranialen Anteils des Processus condylaris wird dieser Knorpel in den desmalen Knochen der Mandibula eingebaut. Die nicht-mineralisierten Anteile des Processus condylaris dienen als Wachstumsknorpel, welcher das ganze Leben reaktionsfreudig bestehen bleibt (Harzer, 2011).

Im Gegensatz zum Unterkiefer eines erwachsenen Menschen, zeichnet sich die embryonale Mandibula durch einen sehr kurzen aufsteigenden Ast aus. Der Muskelfortsatz ist deutlicher ausgeprägt als der Gelenkfortsatz. Der Kieferwinkel des Embryos ist groß und es kommt vermehrt zu transversalem Wachstum an der Synchondrose zwischen den beiden Knochenspangen. Das sagittale Wachstum der Mandibula gestaltet sich deutlich langsamer (Harzer, 2011).

Von allen Knochen am Schädel erfährt die Mandibula nach der Geburt am meisten Wachstum. Die Knochenauflagerung geschieht im Kieferwinkel und am Condylus sowie am Processus coronoideus. Weitere Appositionsflächen finden sich am Alveolarfortsatz und am Kinn bei gleichzeitiger Resorption am Vorderrand des aufsteigenden Astes. Bei Durchbruch der Zähne sowie der Zuwachszahnung kommt es zur Höhenzunahme am Alveolarfortsatz. Man spricht von der physiologischen Bisshebung. Die Transversalentwicklung endet mit Durchbruch der seitlichen Frontzähne der zweiten Dentition (Harzer, 2011).

Die Begriffe Wachstum und Entwicklung dürfen nicht miteinander gleichgesetzt werden. Während die Entwicklung die Entstehung einer Struktur durch Zelldifferenzierung meint, ist das Wachstum die Größenzunahme einer bereits bestehenden Struktur.

2.2 Wachstumstheorien

Das Wachstum von Knochen geschieht auf drei verschiedene Arten. Man unterscheidet modellierendes Wachstum, appositionelles Wachstum und enchondrales Wachstum. Der kraniofaziale Bereich unterliegt zwei verschiedenen Mechanismen beim Knochenwachstum. Man spricht von direktem Wachstum oder auch Kortikalisdrift, wenn Wachstum durch An- und Abbauprozesse erfolgt. Diese knocheneigene Wachstumsvorgänge geschehen auch dann, wenn benachbarte Strukturen expandieren (Kahl-Nieke, 2009). Enlow prägte im Zusammenhang mit dem Schädelwachstum den Begriff „Drift“ (Enlow, 1962). Damit sind Vorgänge gemeint, bei welchen Resorption und Apposition in gleichem Maße geschehen. Es kommt somit nicht zu einer Dickenzunahme und auch nicht zu einem Verlust an Knochen, sondern zu einer Lageänderung. Knochenanlagerung erfolgt immer an den Oberflächen in Wachstumsrichtung, Resorptionsvorgänge erfolgen an den gegenüberliegenden Seiten. Daher imponiert das Unterkieferwachstum in dorso-kranialer Richtung, während es zu einer Lageveränderung in ventro-kaudaler Richtung führt.

In den Weichgeweben finden sich sogenannte Wachstumsfelder und Wachstumszentren. Sie wirken als funktionelle Matrix. Besonders aktiv sind die Wachstumsfelder und -zentren an den Suturen, den Tubera maxillae, den Alveolarfortsätzen und an den Synchronosen (Kahl-Nieke, 2009). Der zweite Wachstumsmechanismus ist das sogenannte „Displacement“. Gemeint ist die Lagebeweglichkeit von Knochen in Bereichen seiner gelenkigen Verbindungen: an den Suturen, Synchronosen und im Bereich der Kiefergelenksköpfchen. Pränatal sorgen die Synchronosis sphenofrontalis, -ethmoidalis und -occipitalis bereits für ein schnelles Wachstum, während sich zeitgleich die Schädelbasis nach ventro-kaudal verlagert (Kahl-Nieke, 2009). Lageveränderungen, welche durch knocheneigenes Wachstum entstehen, bezeichnet Enlow als primäres Displacement. Kommt es zu einer Fernwirkung durch Wachstum unmittelbar benachbarter Strukturen, wird die Verlagerung von Enlow als sekundäres Displacement bezeichnet (Enlow, 1968, 1982; Enlow & Moyers, 1971).

2.3 Klassifikation der Okklusion nach Angle

Edward H. Angle prägte den Begriff der Okklusion. Dabei beurteilte er die sagittale Lagebeziehung einzelner Zähne zueinander. Er unterteilte die Klassifizierung der Okklusion in drei Untergruppen (Angle-Klasse I, Angle-Klasse II, Angle Klasse-III). In seinem Werk „Okklusionsanomalien der Zähne“ setzte er voraus, dass der Oberkiefer in sagittaler Richtung nicht beeinflussbar sei und eine Molarenkonstanz der Zähne 16 und 26 vorliegt, d.h. die Oberkiefermolaren immer korrekt positioniert sind (Angle, 1908, 1913). Unter diesen Voraussetzungen definierte er den Zahnkontakt, bei welchem der mesiale Höcker der oberen Sechsjahrmolaren in die Quersfissur der Sechsjahrmolaren im Unterkiefer okkludiert als Neutralokklusion (Klasse-I-Okklusion). Bei der Klasse II okkludiert die Zentralfissur der Unterkiefer-Sechsjahrmolaren distal des mesiobukkalen Höckers der Oberkiefer-Sechsjahrmolaren (Distalokklusion). Bei der Klasse III greift der mesiobukkal Höcker der ersten Molaren des Oberkiefers weiter distal der Zentralfissur der ersten Molaren des Unterkiefers (Mesialokklusion).

Für die Klasse II erfolgte eine zusätzliche Aufteilung in zwei Untergruppen. Die Klasse II,1 bezeichnet die Distalokklusion mit protrudierten Oberkieferfrontzähnen. Die Klasse II,2 liegt vor, wenn die Oberkieferfrontzähne retrudiert stehen. Heute wird die Okklusion nicht nur an den ersten Molaren, sondern auch an der Lagebeziehung der Eckzähne bestimmt.

Die skelettale Beurteilung der Kieferposition wird ebenfalls in Anlehnung an die Klassifikation nach Angle bestimmt. Dabei wird die Lagebeziehung des Oberkiefers zum Unterkiefer in sagittaler Richtung beurteilt (Harzer, 2011; Sander et al., 2011).

Die Einteilung der skelettalen Klassifikation lautet wie folgt:

Skelettale Klasse I: Neutralokklusion der antagonistischen Zähne und Neutralposition der Kiefer zueinander.

Skelettale Klasse II: Distalokklusion oder/und mandibuläre Retro- bzw. Mikrognathie oder maxilläre Pro- bzw. Makrognathie.

Klasse II,1: bei protrudierten OK-Schneidezähnen oder protrudierter OK-Front (auch Alveolarfortsatz).

Klasse II,2: bei retrudierten OK-Schneidezähnen oder retrudierter OK-Front (auch Alveolarfortsatz).

Skelettale Klasse III: Mesialokklusion oder/und mandibuläre Pro- bzw. Makrognathie oder maxilläre Retro- bzw. Mikrognathie.

Das Maß der Ausprägung der Dysgnathie wird in Prämolarenbreiten ($\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, 1 PB) bestimmt.

2.4 Ätiologie der skelettalen Klasse II,1

Die Dysgnathie der Klasse II gehört zu den häufigsten Dysgnathieformen im europäischen Raum. Ihr Vorkommen wird in der Literatur je nach Studie unterschiedlich angegeben. Die Zahlen variieren zwischen 5-34% (Frye, 2008). Forschungen nach möglichen geschlechtsspezifischen Unterschieden ergaben, dass die Verteilung bei Jungen und Mädchen sehr homogen ausfällt. Als Ursache für die Entstehung einer Klasse II,1 werden sowohl exogene als auch endogene Faktoren diskutiert. Eine Studie an Zwillingspaaren bestätigte die hereditären Theorien. Dass es sich dabei um multifaktorielle Erbgänge handelt, wurde von Tammoscheit nachgewiesen (Tamoscheit, 1971, 1976; Tammoscheit & Rassl, 1979). Die genetischen Einflüsse sind insbesondere für die Ätiologie der Klasse II,2 bedeutend. Dagegen stehen bei der Klasse II,1 exogene Faktoren im Vordergrund. Beispiele für exogene Faktoren sind Habits und Dyskinesien wie zum Beispiel Lippensaugen, Lippenbeißen und Daumenlutschen (Sander et al., 2011).

Nicht selten zeigt ein Patient mit Angle Klasse II eine anteriore oder posteriore Zahnbogenenge, welche zu einer Zwangsrücklage der Mandibula führen kann. Die transversale Enge des Oberkiefers ist oft vergesellschaftet mit einem hoch gewölbten Gaumen. Der Unterkiefer wird über die Okklusion in einer posterioren Position gefangen halten. Als Folge liegt eine Zwangsrücklage des Unterkiefers ohne skelettale Abweichung in Form einer mandibulären Retrognathie vor. Körbitz vergleicht dieses Phänomen mit einem Fuß, welcher nicht in den Pantoffel passt (Ehmer, 2000; Kahl-Nieke, 2009).

2.5 Therapie der Klasse II,1

Eine mögliche Einteilung der Therapie der Klasse II,1 ergibt sich aus dem zeitlichen Beginn der Therapie:

1. Frühbehandlung
2. Hauptbehandlung
3. Kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung

Genauere Kenntnisse über die Ätiologie der Klasse II,1 sind für eine erfolgreiche Therapie unabdinglich. Im Rahmen der Frühbehandlung müssen exogene Faktoren abgestellt werden. Habits und Dyskinesien können durch myofunktionelle Therapie entgegengewirkt werden. Der Einsatz einer Mundvorhofplatte bietet sich in der Phase der Frühbehandlung an, allerdings muss beachtet werden, dass durch die Retrusion der Oberkieferfrontzähne eine Klasse II,1 in eine Klasse II,2 überführt werden kann. Sind die Oberkieferfrontzähne sehr stark protrudiert, ist die Verkleinerung der sagittalen Stufe ein weiteres Ziel der Frühbehandlung (Kahl-Nieke, 2009; Sander et al., 2011).

Mit Beginn des späten Wechselgebisses beginnt die Hauptbehandlung. Bei den Jungen liegt der Zeitpunkt des Therapiebeginns hinter dem der Mädchen. Besteht eine Diskrepanz zwischen Ober- und Unterkiefer, wird der Oberkiefer zunächst transversal erweitert. Erst jetzt kann durch herausnehmbare funktionskieferorthopädische Geräte eine Korrektur der skelettalen Kieferposition bei gleichzeitigen dentalen Korrekturen erfolgen (Kahl-Nieke, 2009; Sander et al., 2011).

Frye belegt in ihrer Arbeit, dass die Möglichkeiten der Wachstumsförderung der Mandibula mit zunehmendem Alter immer weniger werden und bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen begrenzt sind (Frye, 2008). Das Kieferwachstum im eigentlichen Sinne ist weitestgehend abgeschlossen, sodass dentoalveoläre Effekte zum Erreichen einer stabilen Okklusion führen und damit den größeren Beitrag zu Behandlung leisten. Eine skelettale Korrektur der Kieferposition gestaltet sich schwierig. Auch eine Camouflagetherapie mit Ausgleichsextraktionen im Oberkiefer ist zur nicht-kausalen Therapie einer skelettalen Klasse II möglich. Die distobasale Kieferrelation ändert sich dadurch allerdings nicht (Weyrich & Lisson, 2009).

Die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie ist eine Behandlungsoption bei Patienten mit stark ausgeprägter skelettaler Klasse II,1 oder bei Patienten, welche das pubertäre Wachstumsmaximums bereits überschritten haben. Bei zu großen skelettalen Abweichungen ist davon auszugehen, dass eine konservative Therapie nicht ausreichend ist. Die kieferorthopädisch-kieferchirurgische Therapie umfasst eine Einstellung der sagittalen Kieferposition im Rahmen einer Umstellungsosteotomie. Präoperativ findet eine Ausformung der Zahnbögen statt, so dass eine Kongruenz von Oberkiefer- und Unterkieferzahnbogen zur stabilen Positionierung im OP ermöglicht wird. Postoperativ erfolgt die kieferorthopädische Feineinstellung sowie die Konsolidierung des Ergebnisses (Sander, 1995; Harzer, 2011).

Im vorangehenden Kapitel wird die Therapie der Klasse II,1 nach dem Zeitpunkt des Behandlungsbeginns eingeteilt. Je nach Ausgangssituation und Patientenalter wird eine individuelle Therapie geplant und das noch zu erwartende Wachstum berücksichtigt. Das Konzept, welche die Förderung von Wachstum als Grundlage hat, wird als Funktionskieferorthopädie bezeichnet. Eine Änderung der Funktion geht den strukturellen Umformungen voraus (Roux, 1895; Andresen & Häupl, 1936; Fränkel, 1962; Fränkel & Fränkel, 1992; Nelson et al., 1993).

Im Falle der Klasse II wird durch die Vorverlagerung der Mandibula die muskuläre Funktion, insbesondere die des Musculus pterygoideus lateralis beim Patienten verändert. Nach wenigen Wochen ist eine aktive Muskeladaptation nachweisbar. Die Vorverlagerung der Mandibula hat ein größeres Raumangebot zwischen Condylus und Mandibula zur Folge. Der Körper reagiert darauf mit Anpassung durch Wachstumsvorgänge in diesem Bereich.

Als Vorstufe dieser Funktionstherapie gilt der Monoblock aus dem Jahre 1902. Als Begründer der Funktionskieferorthopädie sind der Entwickler des Aktivators Andresen und Häupl zu nennen (Andresen & Häupl, 1936; Kahl-Nieke, 2009).

Betrachtet man die Aussagen über das Mandibulawachstum ohne Therapieeinfluss, so bestätigen diese sämtliche Therapiekonzepte, welche die Vorverlagerung der Mandibula zur Grundlage haben (Lisson, 2012). Befürworter der Wachstumstheorie argumentieren weiterhin mit tierexperimentellen Studien. Diese belegen die Wachs-

tumsstimulation. Sie setzen jedoch voraus, dass das Körperwachstum noch nicht abgeschlossen ist (Kinzinger & Diedrich, 2005). Nach Abschluss des puberalen Wachstumsmaximums, kann der Kliniker nur noch wenig Restwachstum erwarten. Die skelettalen Effekte beruhen dann auf Knochenumbau, dem Remodeling (Harzer, 2011).

2.6 Herausnehmbare kieferorthopädische Apparaturen

Zu den herausnehmbaren kieferorthopädischen Geräten zählen unter anderem der Aktivator, der Bionator, der Twin Block, der Funktionsregler Typ II nach Fränkel und die Doppelvorschubplatte. Die beiden letztgenannten Geräte werden in der vorliegenden Arbeit untersucht. Allen herausnehmbaren Geräten gemeinsam ist die Abhängigkeit von der Patientencompliance. Damit die Geräte ihre Wirkung entfalten können, sollten sie in der Nacht und zusätzlich weitere 3 bis 4 Stunden am Tag getragen werden (Fränkel & Fränkel, 1992; Sander et al., 2011). Empfohlen wird eine Tragedauer von mindestens 14 Stunden pro Tag. Durch gezieltes Beschleifen der Plattenapparaturen oder durch Aktivieren von Klammern können parallel dentale Effekte erzielt werden (Lisson, 2012).

2.7 Festsitzende funktionskieferorthopädische Apparaturen

Festsitzende Geräte sind indiziert, wenn bei Patienten nur noch wenig Restwachstum zu erwarten ist. Eine Tragedauer wie bei den herausnehmbaren Apparaturen reicht dann nicht mehr aus. Remodellationsvorgänge geschehen ausschließlich durch permanenten Vorschub der Mandibula in anteriorer Richtung.

Die Kraftereinwirkung festsitzender Apparaturen ist nicht durch den Patienten beeinflusst und hängt von der Rigidität der jeweiligen Apparatur ab. Es lassen sich starre Geräte, wie das Herbst-Scharnier, der MARA und der FMA von semielastischen Geräten unterscheiden. Der Jasper Jumper gehört zur Gruppe semielastischer Geräte. Die starren Geräte erzielen deutlichere skelettale therapeutische Effekte, bei den semielastischen Geräten stattdessen ist der Anteil dentoalveolärer Veränderungen größer (Frye et al., 2011).

2.8 Kephalometrische Analysen in der Kieferorthopädie

Kephalometrische Analysen dienen dem Kieferorthopäden ergänzend zu Modellen und Fotos zur Diagnostik, zur Behandlungsplanung, zur Therapiekontrolle und abschließend zur Dokumentation des erreichten Zieles. Die kephalometrische Analyse zeigt aber auch die Möglichkeiten und Grenzen der Kieferorthopädie auf. Verschiedenste Verfahren zur Auswertung der FRS sind in der Literatur beschrieben. Voraussetzung für die bestmögliche Ausnutzung der im FRS enthaltenen Informationen sind definierte Standards beim Röntgen selbst und exakte Definitionen hinsichtlich der Parameter, welche ausgewertet werden sollen (Nötzel et al., 2007; Nötzel & Schultz, 2009).

Für die vorliegende Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Ansätze zur Auswertung herangezogen. Die Analyse „Homburg `02“ wird von den Autoren als individuelle Analyse bezeichnet. Es werden Winkel und Strecken gemessen. Die SO-Analyse nach Pancherz basiert ausschließlich auf Streckenmessungen (Pancherz, 1984; Berg, 2008).

2.9 Ziel der Arbeit, Fragestellung

Diese Arbeit soll den Behandlungserfolg bei Patienten mit skelettal bedingter Angle Klasse II,1 mit unterschiedlichen Therapieansätzen bewerten und vergleichen. Es soll aufgezeigt werden, ob und welche skelettalen Behandlungserfolge bei vier unterschiedlichen Therapieformen erreicht werden können. Die Untersuchungen sollen folglich auch zeigen, inwieweit die skelettale Klasse II,1 durch dentoalveoläre Veränderungen kompensiert wird. Bisher existieren keine Studien, welche die vier verschiedenen Behandlungsansätze und deren Ergebnisse miteinander untersucht haben. Ebenfalls wurde bisher kein Vergleich zwischen den beiden kephalometrischen Analyseverfahren erhoben. Daher wurden die folgenden Fragestellungen untersucht:

- Welche skelettalen und/oder dentalen Wirkungen und Nebenwirkungen zeigen sich bei den vier Behandlungsapparaturen?
- Gibt es Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen innerhalb einer Gruppe?
- Zeigen sich Unterschiede bezüglich der beiden kephalometrischen Analyseverfahren?

3 Material und Methode

3.1 Patientengut

Für die retrospektive Studie wurden FRS von $n = 79$ Patienten ausgewählt. Es handelt sich dabei um 40 weibliche und 39 männliche Patienten, welche in der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums des Saarlandes, in der Klinik für Kieferorthopädie der Medizinischen Hochschule Hannover sowie in der Praxis von Prof. Dr. Kinzinger (Tönisvorst) behandelt wurden.

Einschlusskriterien waren das Vorliegen einer skelettal bedingten Klasse II,1, einer vergrößerten sagittalen Frontzahnstufe von ≥ 5 mm sowie eine beidseitige Distalokklusion von $\geq \frac{1}{2}$ Prämolarenbreite posterior. Zur Beurteilung der basal sagittalen Kieferposition und Okklusion wurde der Wits appraisal of jaw disharmony herangezogen (Jacobson, 1975, 1988). Der Wits-Wert sollte $\geq -0,3$ mm sein.

Die Patienten wurden entsprechend der verwendeten Apparatur in vier Untersuchungsgruppen eingeteilt:

- Gruppe 1: Doppelvorschubplatte (DVP)
- Gruppe 2: Funktionsregler Typ II (FR II)
- Gruppe 3: Functional Mandibular Advancer® (FMA)
- Gruppe 4: Multibracket-Apparatur mit Klasse II Gummizüge (MB)

Es wurde eine weitere Unterteilung nach Geschlecht vorgenommen. Die Gruppe 1 setzte sich aus je 10 Mädchen und 10 Jungen zusammen, Gruppe 2 bestand aus 11 Mädchen und 10 Jungen. In den Gruppen 3 und 4 war die Verteilung je 10 Mädchen und 9 Jungen.

Aus der Untersuchung ausgeschlossen wurden Patienten mit Extraktionsbehandlung, Patienten mit Nichtanlagen, syndromalen Erkrankungen sowie kraniofazialen Anomalien. Ebenfalls nicht einbezogen wurden Patienten, welche auf Grund der Ausprägung ihrer Klasse II,1 kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisch behandelt wurden.

3.2 Behandlungsapparaturen

Bei der vorliegenden Arbeit wurden zwei herausnehmbare kieferorthopädische Geräte sowie zwei festsitzende Apparaturen miteinander verglichen. Bei den herausnehmbaren Apparaturen handelt es sich um die Doppelvorschubplatte nach Tränkmann (DVP, s. Abb. 3.1 bis Abb. 3.3) und den Funktionsregler Typ II nach Fränkel (FR II, s. Abb. 3.5). Beide Apparaturen werden im Rahmen der funktionskieferorthopädischen Behandlung eingesetzt und unterliegen dem Konzept der Ausnutzung von Wachstum der jungen Patienten. Das Wachstum der Mandibula soll durch Zug- und Druckkräfte der eigenen Muskulatur gezielt gefördert werden (Watted, 2013). Im Gegensatz zum FR II ermöglicht die DVP zusätzliche Korrekturen der Zahnstellung (Sander et al., 2011; Lisson, 2012).

Die untersuchten festsitzenden Apparaturen sind der Functional Mandibular Advancer® (FMA®, Forestadent, Pforzheim, Deutschland, s. Abb. 3.6 und Abb. 3.7), sowie die Multibracket-Apparatur kombiniert mit Klasse II Gummizügen (MB, s. Abb. 3.8).

3.2.1 Doppelvorschubplatte

Die Doppelvorschubplatte besteht aus zwei einzelnen Plattenapparaturen für jeden Kiefer. An der Platte des Oberkiefers sind neben Halteelementen zwei individuelle Vorschubschlaufen angebracht. Alternativ können auch konfektionierte Vorschubstäbe in die Oberkieferplatte eingearbeitet werden. Schließt der Patient seinen Mund, so führen die Schlaufen bzw. die Stäbe über eine Ebene an der Unterkieferplatte in die gewünschte vorverlagerte Position. Auch ein Ausschwenken des Unterkiefers ist möglich (Lisson, 2012). An beiden Platten können weitere aktive Elemente für z.B. Zahnbewegungen angebracht werden. Zahnbewegungen sind sowohl in der Sagittalen als auch in der Transversalen und durch gezieltes Einschleifen in bedingtem Ausmaß auch in der Vertikalen möglich (Tränkmann, 1985, 1993, 2000). Auch eine transversale Nachentwicklung des Oberkiefers kann mit DVP parallel zur funktionskieferorthopädischen Therapie erfolgen. Zusätzlich ist eine Kombination der Platten mit Headgear oder Aufbissbehelfen möglich, sodass das Patientenwachstum günstig beeinflusst werden kann (Sander & Wichelhaus, 1995). Die Sprechfunktion der Patienten mit DVP ist relativ gut. Dies ist für die Therapie ein zusätzlicher Trainingseffekt und fördert die Akzeptanz bei den Patienten (Sander, 1989; Sander & Wichelhaus, 1995).

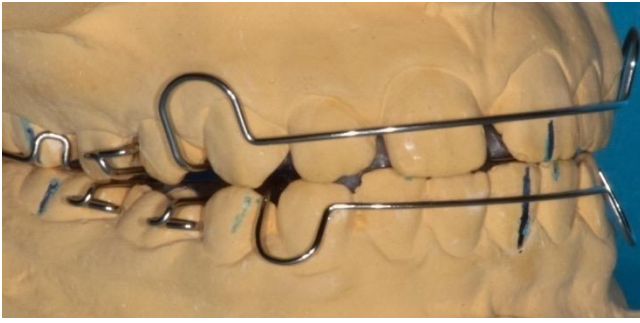


Abb. 3.1: DVP am Modell



Abb. 3.2: DVP im OK und im UK (okklusale Aufsicht)



Abb. 3.3: DVP im OK und im UK (frontale Ansicht)

3.2.2 Funktionsregler Typ II

Der Funktionsregler Typ II wurde von Prof. Dr. Rolf Fränkel auf Grundlage der Apparatur nach Andresen und Häupl entwickelt (Fränkel, 1962). Der wichtigste Fortschritt ist das Tragen der Apparatur am Tag. So kommt es nicht nur zu einer Adaptation in der Nacht, sondern auch zum Erlernen neuer Funktionen. Das Prinzip beruht auf dem Transformationsgesetz nach Wolff 1870: eine Änderung der Morphologie verursacht eine Änderung der Funktion und wiederum eine Anpassung der Form (Wolff, 1892). Auch der Mitbegründer der Entwicklungsmechanik Roux stellte die Zusammengehörigkeit (dialektische Einheit) von Form und Funktion heraus (Roux, 1895).

Um die Funktionsweise des Funktionsreglers Typ II zu verstehen, muss zwischen dem inneren und dem äußeren Funktionskreis unterschieden werden. Der innere Funktionskreis besteht aus Zunge und Mundboden, während sich der äußere Funktionskreis aus Lippen, Wangen und Kaumuskelatur zusammensetzt. Beide Funktionskreise stehen physiologischer Weise im Gleichgewicht und bewirken ein harmonisches Gesichtswachstum (Harzer, 2011).

Der Funktionsregler Typ II ist eine skelettierte Apparatur mit einem oder zwei Unterlippenschildern sowie zwei Seitenflügeln als wesentliche Bestandteile. Sie gewährleisten die Vergrößerung des äußeren Funktionsraumes sagittal und transversal in Bezug auf die Neutralokklusion des jeweiligen Patienten. Ein Labialbogen und Eckzahnschlaufen geben der Apparatur Stabilität und ermöglichen eine Abstützung auf der Maxilla. Die Mandibula soll begrenzt beweglich sein (Fränkel, 1962). Es wird zeitgleich der Raum für die Vorverlagerung der Mandibula und für den Dorsaldrift des Ramus mandibulae geschaffen. Im Bereich des Kieferwinkels finden die Umbauprozesse statt, die zur Verlängerung des Corpus mandibulae und damit auch zur dorsalen Verlängerung des Dentoalveolarfortsatzes der Mandibula führen (Fränkel & Fränkel, 1992).

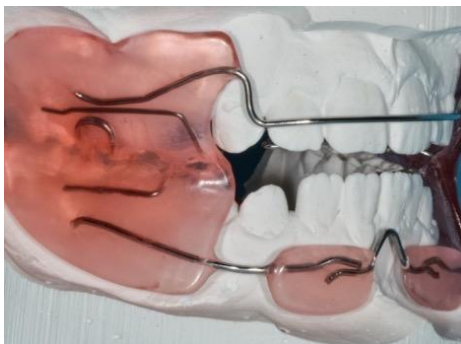


Abb. 3.4 Funktionsregler Typ II (laterale Ansicht)

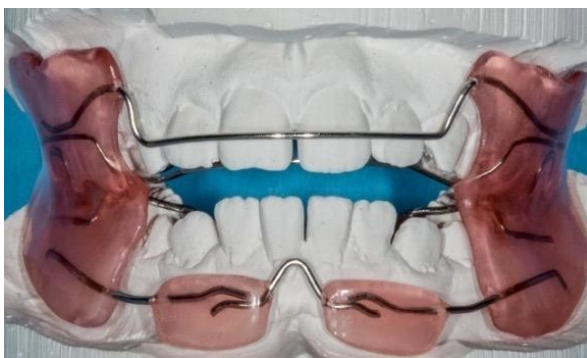


Abb. 3.5: Funktionsregler Typ II (frontale Ansicht)

3.2.3 Functional Mandibular Advancer

Der FMA gehört zur Gruppe der festsitzenden, starren und protrusiv wirkenden Apparaturen. Eingesetzt wird diese Apparatur bei heranwachsenden Jugendlichen und Erwachsenen. Sie ähnelt der MARA (Eckhart, 1998). Die Konzeption des FMA basiert auf dem Herbst-Scharnier, welches auf Prof. Dr. Hans Pancherz zurückgeht, wobei ebenfalls Ideen der Funktionskieferorthopädie aufgegriffen werden.

Wichtige Bestandteile des FMA sind die vestibulär liegenden Vorschubstege/Vorschubbügel. Sie sind an gegossenen Schienen angebracht. Entsprechend findet sich im Unterkiefer vestibulär eine schiefe Ebene. Nachaktivierungen sind möglich. Es gibt weitere Gewindebuchsen, sodass der Vorschubbügel im Therapieverlauf nach anterior versetzt werden kann. In einem Winkel von etwa 60° zur Horizontalen sind die Vorschubbügel rechts und links angeordnet, sodass der Unterkiefer bei jedem Kieferschluss nach anterior geführt wird (Kinzinger et al., 2002).

Vom Patienten ist bei diesem Behandlungsgerät keinerlei Mitarbeit erforderlich. Einschränkungen für den Patienten gibt es so gut wie keine, insbesondere Phonetik und Schlucken sind durch die filigran gehaltenen Teile nahezu unbeeinträchtigt (Kinzinger et al., 2002).



Abb. 3.6: FMA im OK und im UK (okklusale Aufsicht)



Abb. 3.7: FMA im 1. und 4. Quadrant (laterale Ansicht)

3.2.4 Multibracket-Apparatur mit Klasse II Gummizüge

Die Multibracket-Apparatur in Kombination mit Gummizügen wird sehr häufig angewendet und gehört zum Standardrepertoire jedes Kieferorthopäden (Janson et al., 2013). Seit etwa 1890 werden Gummizüge zur Behandlung eingesetzt. Namentlich zu erwähnen seien als Pioniere Calvin S. Case und Henry A. Baker (Polur & Peck, 2010).

Voraussetzung für eine Behandlung mit der Multibracket-Apparatur und Gummizügen ist das Vorhandensein der zweiten Dentition. Alle Zähne sollten mit Brackets versehen und nach einer ausreichenden Nivellierung mit passiven starren Vollbögen behandelt werden. Dies gilt sowohl für die Ober- als auch die Unterkieferzahnreihe (Spalding, 2001). Erst wenn diese Voraussetzungen gegeben sind, kann eine Vorverlagerung des Unterkiefers mittels Gummizügen begonnen werden. Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, wie der Patient die Gummizüge einhängen kann (Hourfar & Ludwig, 2015). Gummizüge können an einzelnen Zähnen oder am Bogen selbst angebracht werden, um entweder Einzelzähne, Zahngruppen oder den gesamten Zahnbogen zu bewegen (Spalding, 2001).

Die verschiedenen Kombinationen werden individuell auf die jeweilige Patientensituation abgestimmt, um eine optimale Wirkung zu erzielen und um die Nebenwirkungen möglichst gering zu halten (Hourfar & Ludwig, 2015).

Abb. 3.8 zeigt die klassische Konfiguration eingehängter Klasse II Gummizüge. Das Gummi wird an einem Häkchen an den Brackets der Oberkiefer Eckzähne und im Unterkiefer an einem Häkchen an den Sechsjahrmolaren eingehängt. Dies wird von den Patienten selbst durchgeführt. Empfohlen wird, dass der Patient die Gummizüge mehrmals täglich erneuert, um eine kontinuierliche Kraftabgabe zu gewährleisten (Hourfar & Ludwig, 2015).



Abb. 3.8: Multibracket-Apparatur mit Klasse II Gummizügen (laterale Ansicht)

3.3 Fernröntgenseitenaufnahme

Erstmals fanden kephalometrische Aufnahmen im Jahre 1931 Anwendung (Kahl-Nieke, 2009). Mittels Radiografie bildet das FRS die Dentition, das Kieferskelett, aber auch das Weichteilprofil des Patienten ab. FRS-Aufnahmen ermöglichen die Beurteilung des gesamten Gesichtsschädels in der sagittalen und vertikalen Ebene. Es lassen sich Aussagen über skelettale und dentale Veränderungen zwischen verschiedenen Aufnahmen z.B. vor, während und nach einer Behandlung machen. Zur optimalen Beurteilung wird der Patient seitlich im Röntgengerät positioniert und die Medianebene möglichst parallel zur Filmebene ausgerichtet (Norma lateralis). Gesichert wird der Patient durch seitliche Kopfstützen und durch den Kephalostat. Ein großer Fokus-Film- und ein möglichst kleiner Objekt-Film-Abstand sollen die durch die Dreidimensionalität des Objektes bedingten geometrischen Abbildungsfehler möglichst gering halten. Die Aufnahme gibt Aufschluss über den Aufbau des Gesichtsschädels, ermöglicht die Erfassung skelettaler und dentoalveolärer Anomalien und die Analyse dentaler Beziehungen. Auch das Weichgewebe lässt sich im FRS mit beurteilen (Nötzel & Schultz,

2009). Voraussetzung zur genauen Beurteilung sind die eindeutige Darstellung aller knöchernen Strukturen und die kontrastreiche Wiedergabe aller Weichgewebsstrukturen. Die Qualität einer Aufnahme ist dann als gut zu bewerten, wenn eine zweite Aufnahme zum gleichen Zeitpunkt dieselbe Diagnose ergeben würde (Segner & Hasund, 1998).



Abb. 3.9: Beispiel einer FRS-Aufnahme: der Patient steht korrekt positioniert im Kephalostat

3.3.1 Auswahl der Fernröntgenseitenaufnahmen

Für die Untersuchung wurden von allen Patienten die FRS zu den Zeitpunkten t_0 (vor Behandlungsbeginn) und t_1 (nach Abschluss der Behandlung mit der jeweiligen Apparatur) herangezogen. Aufnahmen, welche im Rahmen von Behandlungsverlaufskontrollen angefertigt wurden, wurden nicht berücksichtigt. Zur kephalometrischen Auswertung wurde das Auswertungsprogramm Onyx Ceph® Version 2.5.8 (Image Instruments® GmbH, Chemnitz, Deutschland) verwendet. FRS, welche nicht in digitaler Form vorlagen, wurden zuvor eingescannt und digitalisiert. Es wurde für alle zu digitalisierenden Bilder der Scanner Epson® Expression 1680 (Epson Deutschland GmbH, Düsseldorf, Deutschland) mit DIN-A4-Durchlichteinheit verwendet. Die Scansoftware zur Digitalisierung war SilverFast Ai® (Version 5.5.2r04; LaserSoft Imaging® AG, Kiel, Deutschland). Die unterschiedlichen Vergrößerungsfaktoren einzelner Bilder konnten vor der Auswertung durch das Programm Onyx Ceph® durch entsprechende Kalibrierung kompensiert werden. Alle Bilder wurden jeweils nach der kephalometrischen Analyse „Homburg 02“ und nach der SO-Analyse ausgewertet (Pancherz, 1982; Berg, 2008). Alle gemessenen Strecken wurden in Millimeter [mm] angegeben, die Winkelmessung (\angle) erfolgte in Grad [°]. Der Vergrößerungsfaktor der einzelnen FRS wurde mit Hilfe der Normierungsskala des Auswertungsprogramms festgelegt und berechnet. Befand sich auf einem Bild keine Normierungsskala, so konnte der jeweilige Maßstab (mm/Pixel) von den anderen FRS, die mit demselben Gerät aufgenommen wurden, übernommen werden. Die Referenzpunkte waren für beide Analyseverfahren identisch und werden im folgenden Kapitel 3.3.2 definiert. Die Analysen „Homburg `02“ und SO-Analyse sind in Kapitel 3.4 beschrieben.

3.3.2 Referenzpunkte der Analyse „Homburg `02“ und der SO-Analyse nach Pancherz

Im Rahmen der Analyse werden sowohl skelettale wie auch dentale Referenzpunkte verwendet (s. Abb. 3.10 und Tab. 3.1 bis Tab. 3.3).

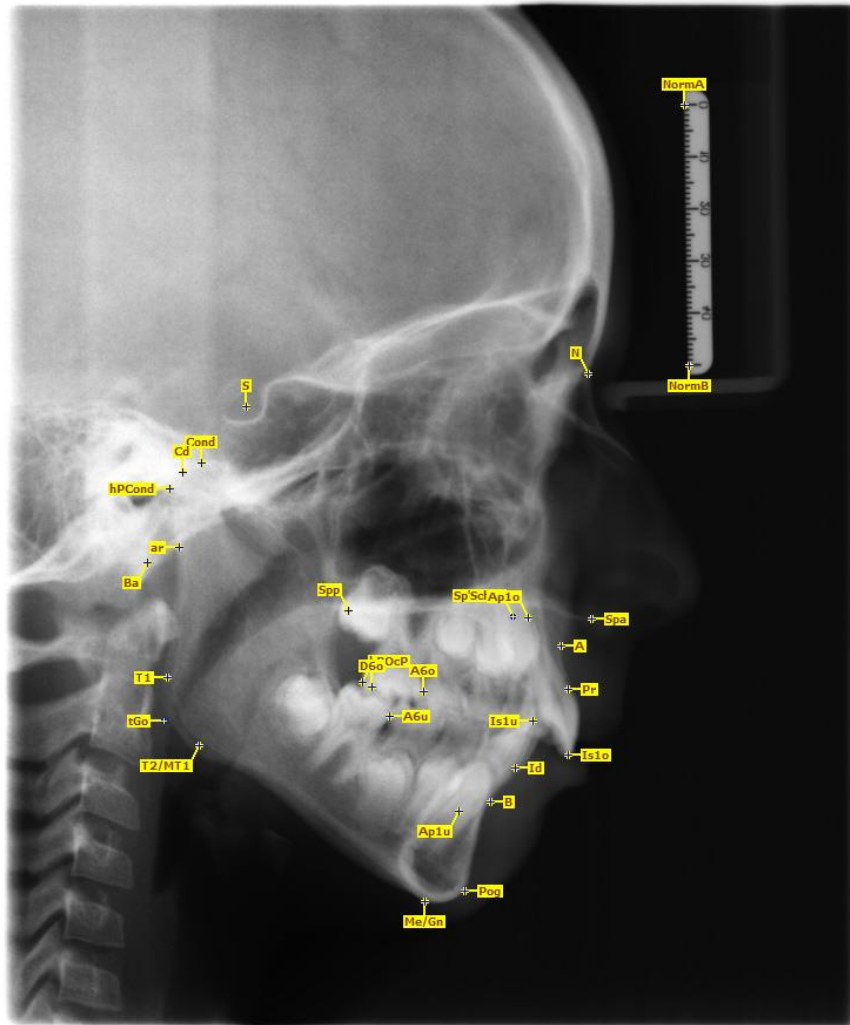


Abb. 3.10: Kennzeichnung aller Punkte beider Durchzeichnungen

Tab. 3.1: Skelettale Bezugspunkte

N, Nasion	anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis in der Median-Sagittal-Ebene, bei offener V-Form der Sutur posteriorster Punkt
S, Sella	Zentrum der Sella turcica
Se, Sella-Punkt nach A.M. Schwarz	Mitte des Sella-Eingangs

Material und Methode

Cond, Condylion	cranialster Punkt des Condylus mandibulae
hPCond, hPCondylion	dorsalster Punkt des Condylus mandibulae
Cd, Condylion	dorsocranialster Punkt des Condylus mandibulae
Ba, Basion	posteriorster und kaudalster Punkt des Clivus in der Median-Sagittal-Ebene
Ar, Articulare	konstruierter Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae
tGo, Gonion-Tangentenpunkt	Schnittpunkt der Mandibularlinie mit der Ramuslinie
Im, Incisura masseterica	Punkt der stärksten Einziehung nach kranial im Bereich des horizontalen Unterkiefers
Me/Gn, Menton / Gnathion n. Hasund	anteriorster und inferiorster Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal Ebene (nach A.M. Schwarz unterster Kinnpunkt); kaudalster Konturpunkt der Symphyse
Gn, Gnathion	anteriorster und tiefster Punkt des knöchernen Kinns (Kinnkurvatur) in der Median-Sagittal-Ebene
Id, Infradentale	superiorster und anteriorster Alveolarfortsatzpunkt zwischen den mittleren unteren Incisivi in der Median-Sagittal-Ebene
B, B-Punkt	tiefster Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene
Pr, Prosthion	inferiorster und anteriorster Alveolarfortsatzpunkt zwischen mittleren oberen Incisivi in der Median-Sagittal-Ebene
Spa, Spina nasalis anterior	anteriorster Punkt der knöchernen Spina nasalis in der Median-Sagittal-Ebene, anteriore Begrenzung der Maxilla
A, A-Punkt	tiefster Punkt der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene
Spp, Spina nasalis posterior	konstruierter röntgenologischer Punkt am Schnittpunkt der anterioren Wand der Fossa pterygopalatina mit dem Nasenboden, posteriore Begrenzung der Maxilla

Tab. 3.2: Skelettale Bezugslinien

T1	Tangentenpunkt an der posterioren oberen Wölbung des Kieferwinkels, ausgehend von Articulare
T2/MT1	Tangentenpunkt an der posterioren unteren Wölbung des Kieferwinkels, ausgehend von Menton
hPOcP	konstruierter posteriorer Punkt des Okklusionsplanums, der durch den distalsten okklusalen Molarenkontaktpunkt definiert ist
NSL	Nasion-Sella-Linie, Verbindungslinie zwischen Nasion und Sella
NL	Nasal-Linie, Verbindungslinie zwischen Spina nasalis anterior und Pterygomaxillare, Bezugsebene für Nasenboden und Oberkieferbasis
ML	Mandibular-Linie, Linie durch Gnathion und Gonion-Tagentenpunkt, Referenzlinie für den Corpus mandibulae

Tab. 3.3: Dentale Bezugspunkte

Ap 1o	Apicale des oberen Einsers
Ls 1o	labialster Punkt der Krone des oberen Einsers
Is 1o	Inzisale des oberen Einsers
Is 1u	Inzisale des unteren Einsers
Ap 1u	Apicale des unteren Einsers
M6o	mesialer Kontaktpunkt des oberen Sechсers
M6o	mesialer Höcker des oberen Sechсers
D6o	distaler Höcker des oberen Sechсers
A6u	mesialer Kontaktpunkt des unteren Sechсers
M6u	mesialer Höcker des unteren Sechсers

3.4 Analyseverfahren

3.4.1 „Homburg `02“

Die Analyse „Homburg 02“ ist an das Analyseverfahren nach Hasund angelehnt. Die Auswertungen von Winkeln und Strecken ermöglichen Aussagen in der sagittalen und die vertikalen Ebene sowie Aussagen zu den dentalen Strukturen. Schwerpunkt dieser Studie war die Untersuchung der sagittalen Ebene, um eine Vergleichbarkeit mit der SO-Analyse nach Pancherz zu gewährleisten. Zur Beurteilung der Wachstumsmuster der Patienten wurde zusätzlich ein vertikaler Parameter, der Kieferwinkel Ar-tGo-Me herangezogen. Die Winkel und Strecken sind Tab. 3.4 und Tab. 3.5 zu entnehmen.

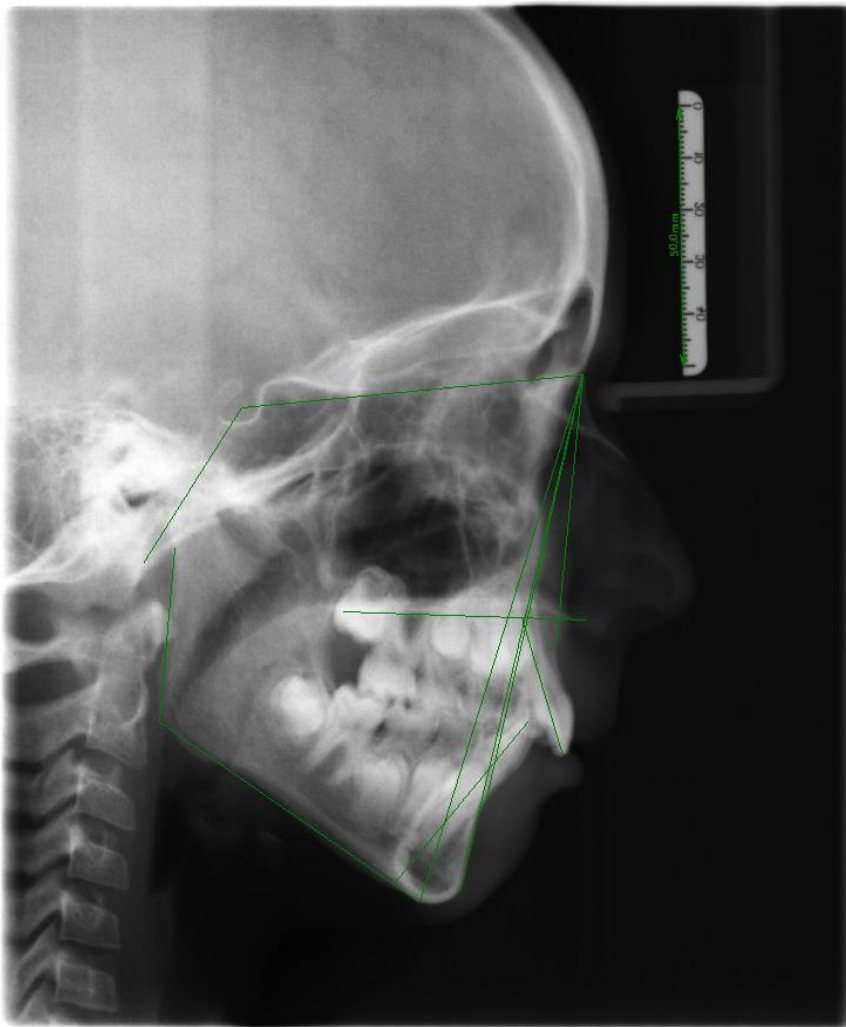


Abb. 3.11: Kephalometrische Auswertung nach „Homburg `02“

Tab. 3.4: Skelettale Messungen (Jacobson, n.d., 1975, 1988; Segner, 1998)

SNA [°]	anterior-posteriore Lage der Maxilla in Relation zur anterioren Schädelbasis
SNB [°]	anterior-posteriore Lage der Mandibula in Relation zur anterioren Schädelbasis
ANB [°]	sagittale Position der Maxilla in Relation zur Mandibula
WITs [mm]	Strecke des Abstandes zwischen dem Lot von A- und B-Punkt auf die Okklusionsebene (unabhängig von der Schädelbasismorphologie)
Ar-tGo-Me [°]	Relation des Ramus zum Corpus mandibulae, Ausdruck der Form des Unterkiefers

Tab. 3.5: Dentale Messungen

OK1-NL [°]	Neigung der OK Inzisiven in Relation zur Oberkieferbasis
UK1-ML [°]	Neigung der UK Inzisiven in Relation zur Unterkieferbasis
II [°]	Stellung der Inzisiven zueinander (Inzisalwinkel)

3.4.2 Sagittale-Okklusionsanalyse nach Pancherz

Bei der SO-Analyse wird zu einer genau definierten Okklusionsebene das Lot durch den Punkt Sella (S) gefällt. Zu dieser Referenzlinie OL/p werden die Abstände skelettaler Referenzpunkte gemessen (Pancherz, 1982). Die Strecken sind, Tab. 3.7 und Tab. 3.8 zu entnehmen.

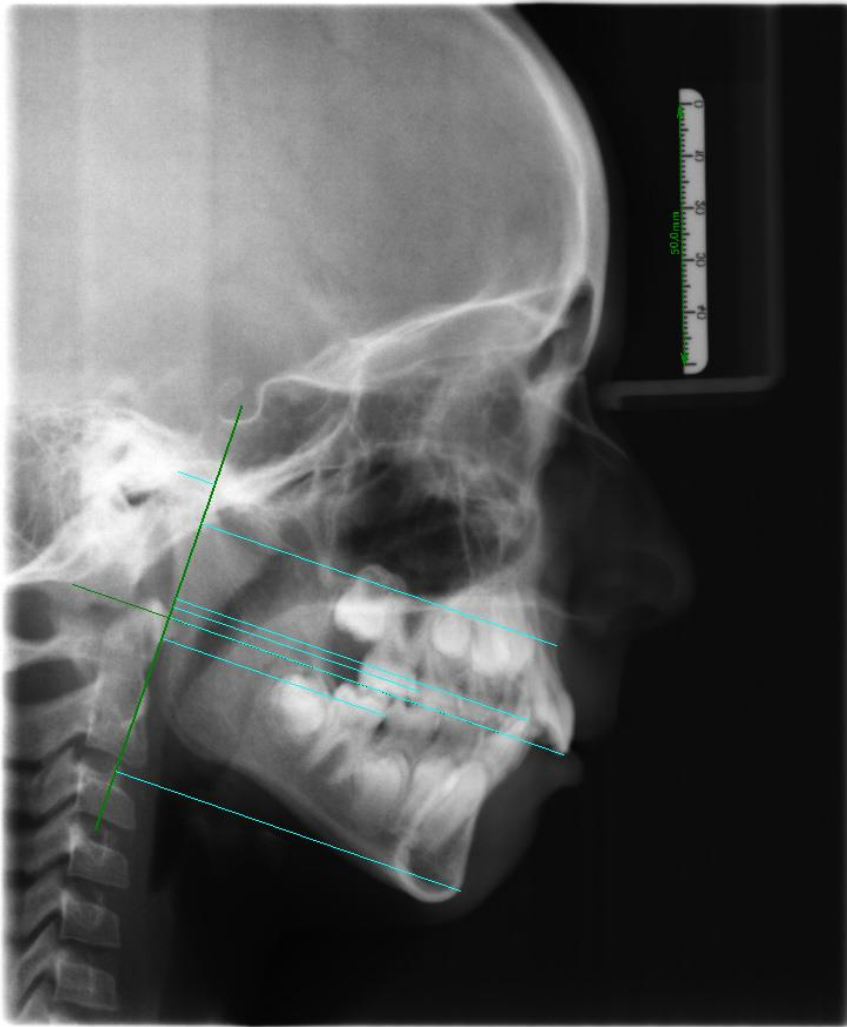


Abb. 3.12: Kephalemtrische Auswertung nach der SO-Analyse

Tab. 3.6: Skelettale Messungen

A/OLp delta t [mm]	Lage Maxilla
Pog/OLp [mm]	Lage der Mandibula
Cd/OLp [mm]	Lage des Condylusköpfchens
Pog/OLp + Cd/OLp [mm]	Gesamtlänge der Mandibula

Tab. 3.7: Dentale Messungen

Is/OLp [mm]	Position des mittleren Inzisivus der Maxilla
Ii/OLp [mm]	Position des mittleren Inzisivus der Mandibula
Ms/OLp [mm]	Position des Sechsjahrmolaren der Maxilla
Mi/OLp [mm]	Position des Sechsjahrmolaren der Mandibula
Is/OLp minus Ii/OLp [mm]	Overjet
Ms/OLp minus Mi/OLp [mm]	Molarenrelation (ein positiver Wert gibt eine distale Lagebeziehung an)

Tab. 3.8: Dentale und skelettale Messungen

Is/OLp - A/OLp [mm]	Lageveränderung des Inzisiven innerhalb der Maxilla
Ii/OLp - Pog/OLp [mm]	Lageveränderung des Inzisivus innerhalb der Mandibula
Ms/OLp - A/OLp [mm]	Lageveränderung des Sechsjahrmolaren innerhalb der Maxilla
Mi/OLp - Pog/OLp [mm]	Lageveränderung des Sechsjahrmolaren innerhalb der Mandibula

3.5 Statistische Auswertung

Die Studiendaten wurden mit Microsoft Excel® (Microsoft Corporation, Redmond, USA) erfasst und anschließend in das Statistikprogramm SPSS® für Windows (SPSS Inc., Chicago, USA) importiert. Sowohl die deskriptive Statistik als auch die statistischen Tests wurden in SPSS® durchgeführt. Die abschließende Aufbereitung aller Ergebnisse erfolgte mit Microsoft Excel®.

Für die statistischen Tests wurde zunächst mittels t-Test für unabhängige Stichproben überprüft, ob es innerhalb einer Untersuchungsgruppe statistisch signifikante Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen gibt. Der t-Test für unabhängige Stichproben setzt voraus, dass in den Vergleichsgruppen das zu überprüfende quantitative Merkmal annähernd normalverteilt ist und Varianzenhomogenität besteht. Letztere Bedingung wurde durch den Levene-Test bestätigt oder abgelehnt. Die Überprüfung der Normalverteilung erfolgte durch Sichten des jeweiligen Box-Plot-Diagramms und durch Vergleich von Mittelwert und Median. Lag die Voraussetzung der Normalverteilung nicht vor, wurde alternativ der parameterfreie Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Dieser Test vergleicht nicht die Mittelwerte einzelner Gruppen, sondern überprüft eine vorliegende statistische Signifikanz anhand von Rangsummen.

Weiterhin wurden mithilfe der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) alle vier Untersuchungsgruppen miteinander verglichen, sofern das zu überprüfende quantitative Merkmal in den Vergleichsgruppen annähernd normalverteilt war und Varianzenhomogenität vorlag. Gegebenenfalls wurden im Rahmen eines post-hoc Testverfahrens (t-test für unabhängige Stichproben) überprüft, zwischen welchen Gruppen tatsächlich ein statistisch signifikanter Unterschied vorlag. Eine Anpassung des p-Wertes, zur Vermeidung einer Kumulation des Alphafehlers erfolgte in SPSS automatisch über die Bonferroni-Korrektur.

Zeigte der Levene-Test, dass eine Heteroskedasizität vorlag (keine Varianzenhomogenität) oder wenn das zu überprüfende quantitative Merkmal nicht annähernd normalverteilt war, wurde der parameterfreie Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Zeigte dieser Test für einen Wert ein statistisch signifikantes Ergebnis, so wurden die Gruppen paarweise mittels Mann-Whitney-U-Test näher untersucht (post-hoc-Testverfahren).

Auch hier wurden zur Vermeidung der Kumulation des Fehlers erster Art (Alphafehler) die p-Werte durch die Korrektur nach Bonferroni adjustiert.

Festlegung des Signifikanzniveaus

$p \geq 0,05$	nicht signifikant	n.s.
$p < 0,05$	signifikant	*
$p < 0,01$	hochsignifikant	**
$p < 0,001$	höchstsignifikant	***

3.6 Fehler nach Dahlberg

Der bei den Auswertungen entstandene Methodenfehler wurde bei der statistischen Auswertung berücksichtigt. Nach einem erinnerungsfreien Zeitraum von drei Monaten wurde eine zufällige Auswahl an FRS (25% der Gesamtanzahl, insgesamt 42 FRS) ein zweites Mal durchgezeichnet, sodass anschließend der Methodenfehler MF mit Hilfe der Formel

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

(d = Differenz eines Mittelwertpaares; n = Anzahl der verglichenen Messwerte) berechnet wurde. Alle erhobenen Werte sind in Tab. 4.31 dargestellt (Dahlberg, 1940; Hae-Young, 2013).

4 Ergebnisse

4.1 Ergebnisse der Studie

4.1.1 Patientenalter zu Behandlungsbeginn t_0

Die Unterschiede des Patientenalters zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns sind in Tab. 4.1 und Abb. 4.1 dargestellt. Sie unterschieden sich hochsignifikant zwischen den Gruppen DVP und FMA ($p = 0,006$) und den Gruppen FMA und MB ($p = 0,003$). Höchstsignifikant waren die Unterschiede zwischen den Gruppen DVP und MB sowie zwischen den Gruppen FR II und MB (beide $p < 0,001$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Innerhalb der Gruppe FR II waren die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen für t_0 signifikant ($p = 0,024$).

Tab. 4.1: Mittelwerte und Standardabweichungen des Patientenalters zum Zeitpunkt t_0

[Jahre]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	10,62 1,10		11,12 1,77		12,05 1,33		13,65 1,20	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	11,15 1,09	10,08 0,85	11,99 1,11	10,16 1,90	12,00 1,44	12,10 1,30	14,27 0,81	13,16 1,26

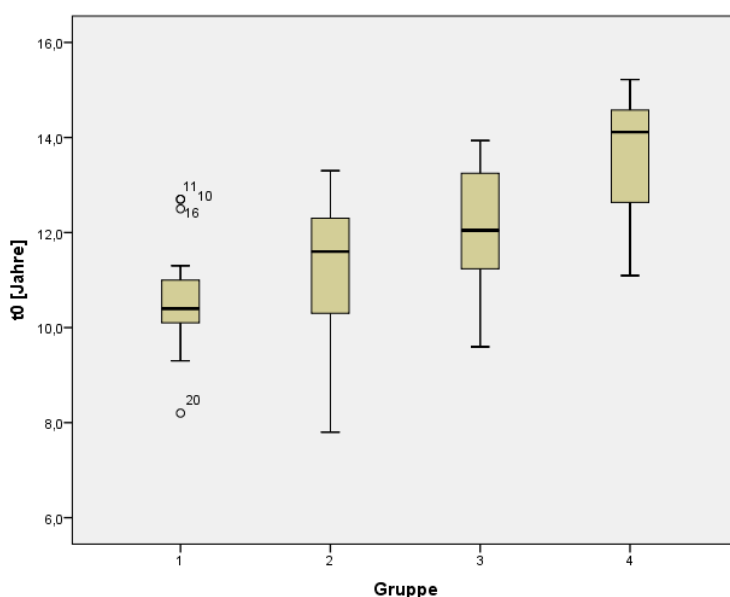


Abb. 4.1: Patientenalter zum Zeitpunkt t_0

4.1.2 Patientenalter zu Behandlungsende t_1

Das Patientenalter wird in Tab. 4.2 und Abb. 4.2 beschrieben und zeigte zum Ende der Behandlung t_1 einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen FMA und MB ($p = 0,024$). Hochsignifikant war der Unterschied zwischen den Gruppen DVP und MB ($p = 0,001$). Höchstsignifikante Unterschiede zeigten sich zwischen den Gruppen DVP und FR II sowie zwischen den Gruppen FR II und MB (beide $p < 0,001$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen waren in den Gruppen DVP ($p = 0,019$) und FR II ($p = 0,020$) signifikant.

Tab. 4.2: Mittelwerte und Standardabweichungen des Patientenalters zum Zeitpunkt t_1

[Jahre]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	15,20 1,48		12,12 1,69		13,38 1,22		14,78 1,26	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	15,99 1,23	14,40 1,31	12,96 1,10	11,21 1,79	13,32 1,37	13,44 1,13	15,44 1,04	14,25 1,21

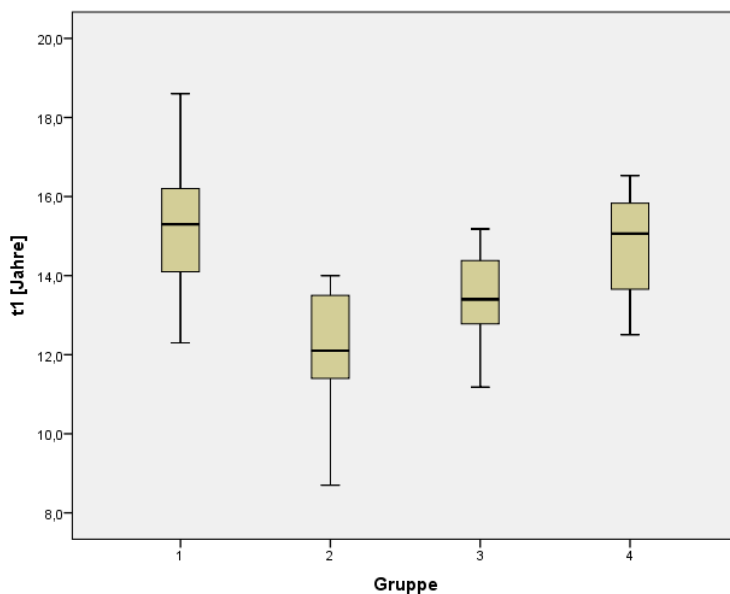


Abb. 4.2: Patientenalter zum Zeitpunkt t_1

4.1.3 Behandlungsdauer

Die Behandlungsdauer wird in der Tab. 4.3 und in der Abb. 4.3 gezeigt. Höchstsignifikant waren die Unterschiede hinsichtlich der Dauer der Behandlung zwischen den Gruppen DVP und FR II ($p < 0,001$), DVP und FR II ($p < 0,001$) und DVP und MB ($p < 0,001$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den geschlechtsspezifischen Untersuchungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen.

Tab. 4.3: Mittelwerte und Standardabweichungen der Behandlungsdauer

[Jahre]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	4,59		1,06		1,33		1,13	
± SD	1,28		0,44		0,39		0,50	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	4,85	4,33	1,04	1,08	1,32	1,34	1,17	1,09
± SD	1,44	1,11	0,49	0,40	0,37	0,43	0,70	0,30

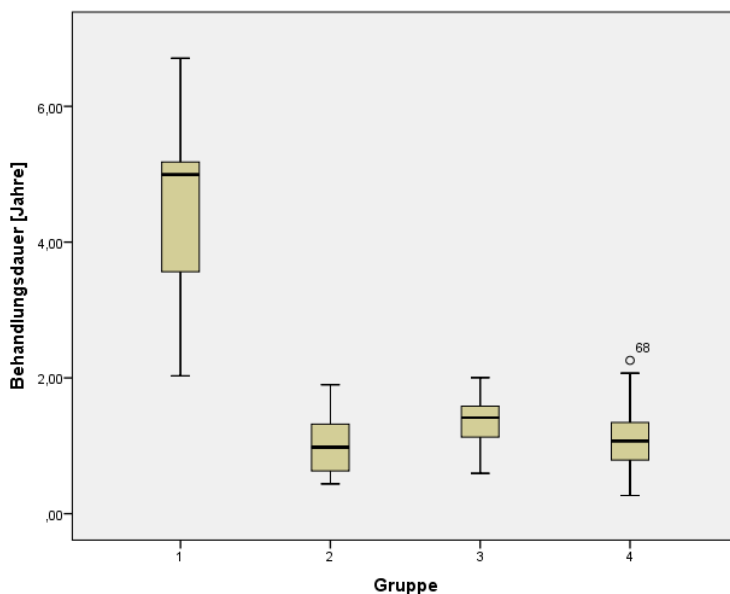


Abb. 4.3: Behandlungsdauer

4.1.4 Winkel Ar-tGo-Me zum Zeitpunkt t_0

Der Winkel Ar-tGo-Me zum Zeitpunkt t_0 wird in Tab. 4.4 und in Abb. 4.4 dargestellt. Die Unterschiede des Winkels Ar-tGo-Me waren zwischen den vier Gruppen zum Behandlungsbeginn t_0 nicht signifikant ($p = 0,713$, siehe Anhang Tab. 9.1).

Die geschlechterspezifische Unterscheidung innerhalb der Gruppen ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen Mädchen und Jungen beim Winkel Ar-tGo-Me.

Tab. 4.4: Mittelwerte und Standardabweichungen des Winkels Ar-tGo-Me zum Zeitpunkt t_0

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	121,79 7,16		121,50 7,70		121,14 5,30		119,29 8,71	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	121,19 8,03	122,38 6,54	121,54 8,77	121,47 6,79	122,51 6,36	119,90 4,09	119,24 10,83	119,34 6,89

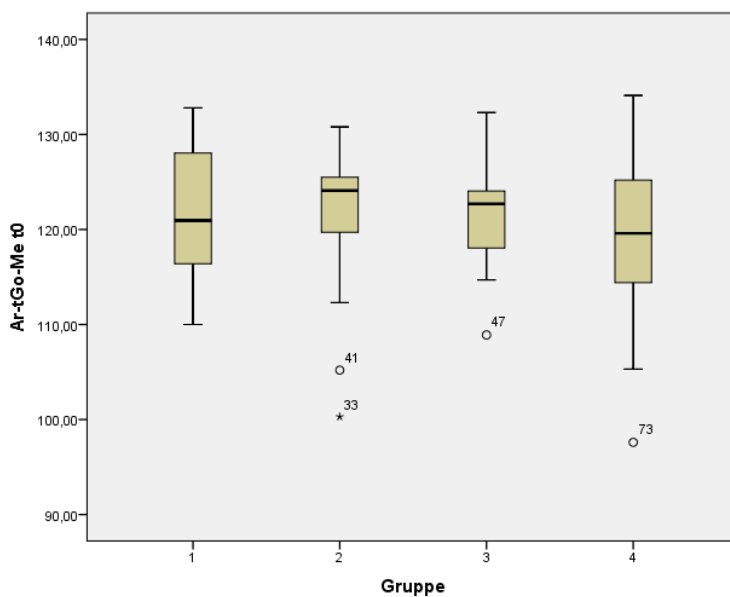


Abb. 4.4 Winkel Ar-tGo-Me zum Zeitpunkt t_0

4.1.5 Veränderungen des Winkels Ar-tGo-Me

Die Änderung des Winkels Ar-tGo-Me im Behandlungsverlauf wird in Tab. 4.5 und in Abb. 4.5 dargestellt. Die Unterschiede des Winkels Ar-tGo-Me waren zwischen den vier Gruppen nicht signifikant ($p = 0,202$, siehe Anhang Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen beim Winkel Ar-tGo-Me.

Tab. 4.5: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Winkels Ar-tGo-Me

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	2,08		0,99		0,47		0,61	
± SD	2,98		2,49		3,51		2,82	
MW	m	w	m	w	m	w	m	w
± SD	2,79	1,37	0,95	1,03	-0,58	1,42	1,08	0,19
	3,04	2,89	2,32	2,79	4,18	2,65	2,69	3,01

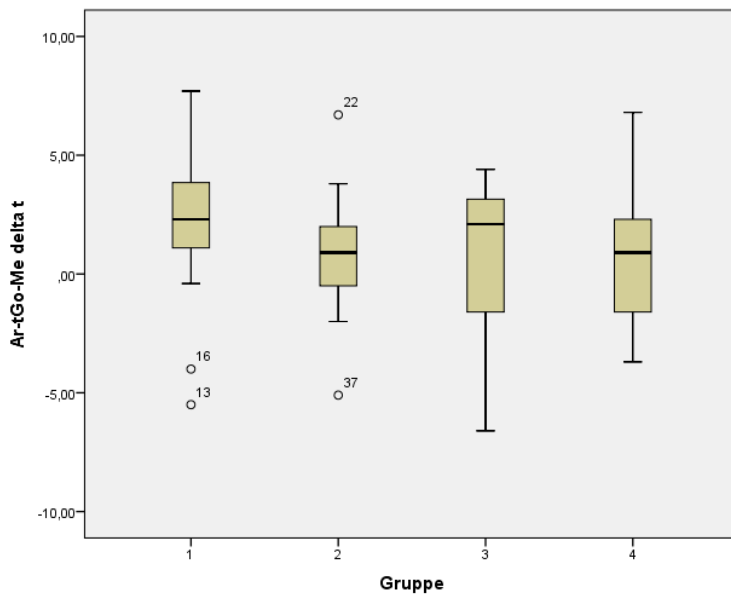


Abb. 4.5 Änderungen des Winkels Ar-tGo-Me

4.1.6 Winkel SNA zum Zeitpunkt t_0

Der Winkel SNA zum Zeitpunkt t_0 wird in Tab. 4.6 und in Abb. 4.6 dargestellt. Die Unterschiede des Winkels SNA waren zwischen den vier Gruppen zum Behandlungsbeginn t_0 nicht signifikant ($p = 0,368$, siehe Anhang Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Innerhalb der Gruppe FMA ließ sich ein hochsignifikanter Unterschied zwischen Mädchen und Jungen beim Winkel SNA feststellen.

Tab. 4.6: Mittelwerte und Standardabweichungen des Winkels SNA zum Zeitpunkt t_0

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	82,05 3,11		81,62 3,11		80,29 3,38		80,46 3,28	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	82,60 2,98	81,50 3,29	82,80 3,09	80,32 2,71	82,53 2,57	78,28 2,74	80,89 3,07	80,12 3,56

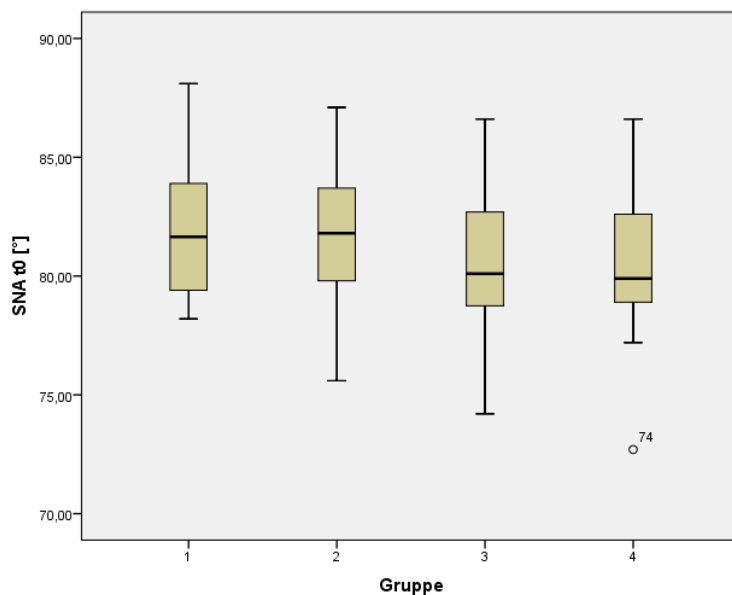


Abb. 4.6: Winkel SNA zum Zeitpunkt t_0

4.1.7 Veränderungen des Winkels SNA

Die Änderungen des Winkels SNA im Behandlungsverlauf werden in Tab. 4.7 und in Abb. 4.7 beschrieben und zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ($p = 0,410$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Auch die Untersuchung auf Unterschiede zwischen Mädchen und Junge waren nicht signifikant (siehe Anhang, Tab. 9.1).

Tab. 4.7: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Winkels SNA

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	1,83		0,60		0,55		0,62	
± SD	2,97		1,02		2,49		1,77	
MW	m	w	m	w	m	w	m	w
± SD	0,80	2,85	0,51	0,70	1,24	-0,07	0,30	0,87
	2,84	2,87	0,99	1,09	2,49	2,45	1,34	2,08

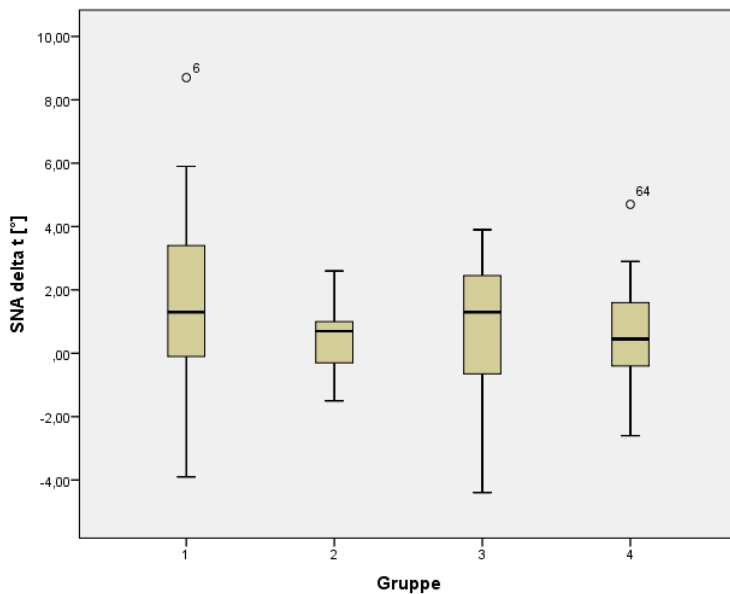


Abb. 4.7: Änderungen des Winkels SNA

4.1.8 Winkel SNB zum Zeitpunkt t_0

Der Winkel SNB zum Zeitpunkt t_0 wird in der Tab. 4.8 und in Abb. 4.8 beschrieben. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht signifikant ($p = 0,662$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Innerhalb der Gruppe FMA war der Unterschied zwischen den Mädchen und Jungen in Bezug auf den Winkel SNB t_0 signifikant ($p = 0,017$).

Tab. 4.8: Mittelwerte und Standardabweichungen des Winkels SNB zum Zeitpunkt t_0

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	76,03 2,89		75,97 2,93		74,97 2,83		76,16 3,36	
MW	m	w	m	w	m	w	m	w
± SD	76,77 3,26	75,28 2,40	76,88 3,05	74,96 2,57	76,72 2,09	73,40 2,52	77,24 1,62	75,30 4,18

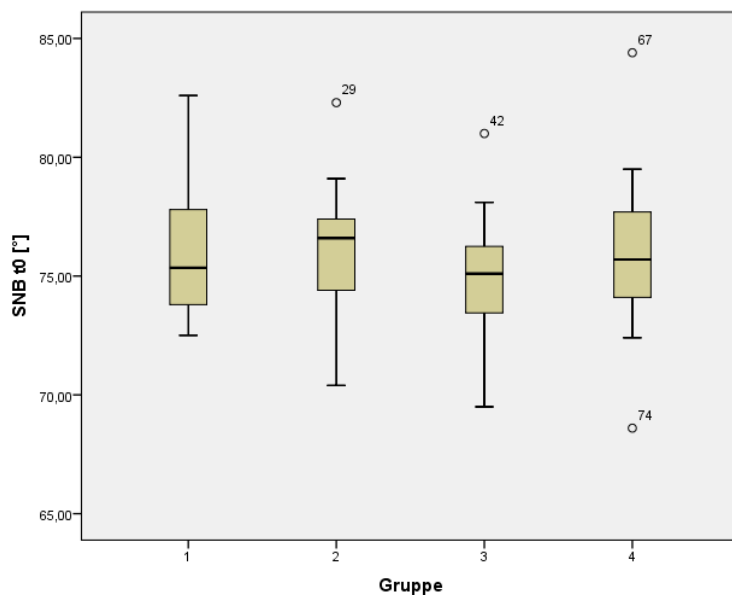


Abb. 4.8: Winkel SNB zum Zeitpunkt t_0

4.1.9 Veränderungen des Winkels SNB

Die Veränderungen des Winkels SNB werden in Tab. 4.9 und in Abb. 4.9 gezeigt. Bei Untersuchung der vier Behandlungsgruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Veränderungen des Winkels SNB im Behandlungsverlauf ($p = 0,660$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Auch innerhalb der Gruppen waren die Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen nicht signifikant.

Tab. 4.9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Winkels SNB

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	-0,31 2,31		-0,67 1,17		-1,07 2,67		-0,10 1,51	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	-1,03 2,21	0,42 2,28	-0,39 1,19	-0,97 1,13	-0,60 2,16	-1,50 3,10	0,11 1,26	-0,27 1,73

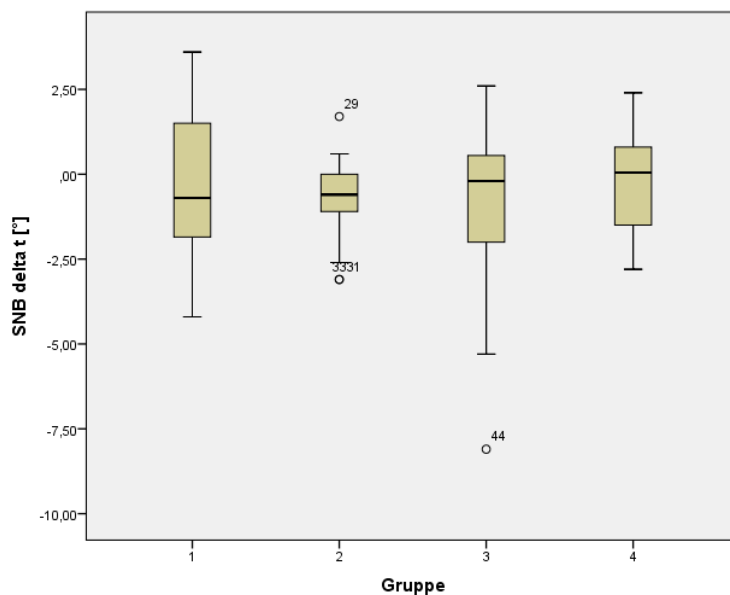


Abb. 4.9: Änderungen des Winkels SNB

4.1.10 Winkel ANB zum Zeitpunkt t_0

Der Winkel ANB zum Zeitpunkt t_0 wird in der Tab. 4.10 und in der Abb. 4.10 gezeigt. Bei den beiden Behandlungsgruppen DVP und MB zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p = 0,018$) des Winkels ANB zum Zeitpunkt t_0 (siehe Angang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die Untersuchungen innerhalb der Gruppen ergaben keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Tab. 4.10: Mittelwerte und Standardabweichungen des Winkels ANB zum Zeitpunkt t_0

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	6,02 1,17		5,66 1,57		5,32 1,75		4,31 1,90	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	5,82 1,17	6,21 1,20	5,94 1,51	5,35 1,66	5,81 2,16	4,88 1,24	3,66 2,22	4,82 1,54

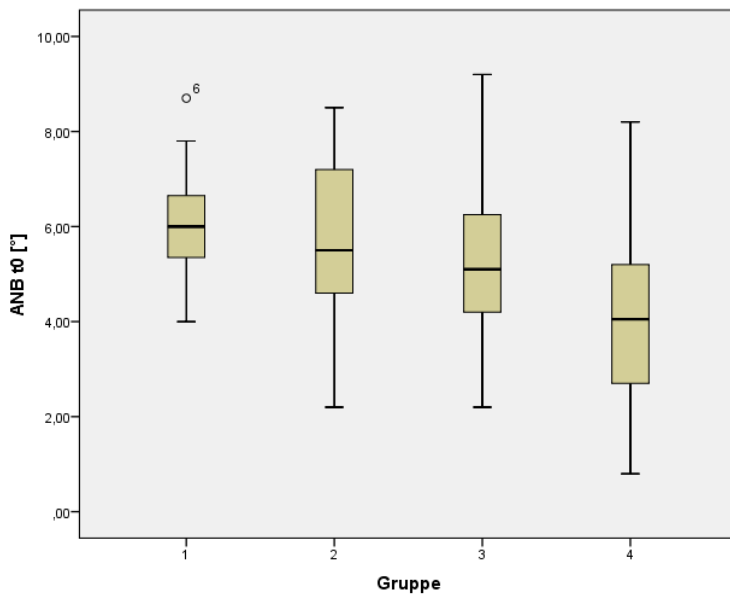


Abb. 4.10: Winkel ANB zum Zeitpunkt t_0

4.1.11 Veränderungen des Winkels ANB

Die Veränderungen des Winkels ANB im Behandlungsverlauf werden in der Tab. 4.11 und in der Abb. 4.11 gezeigt. Im Verlauf der Therapie zeigte der Winkel ANB einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen DVP und MB ($p = 0,006$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die Untersuchungen innerhalb der Gruppen ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen Mädchen und Jungen bei der Gruppe MB ($p = 0,010$).

Tab. 4.11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Winkels ANB

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	2,12		1,28		1,62		0,73	
± SD	1,22		1,01		1,08		1,24	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	1,82	2,41	0,94	1,66	1,82	1,43	0,21	1,15
± SD	1,06	1,35	0,70	1,20	0,95	1,20	1,32	1,05

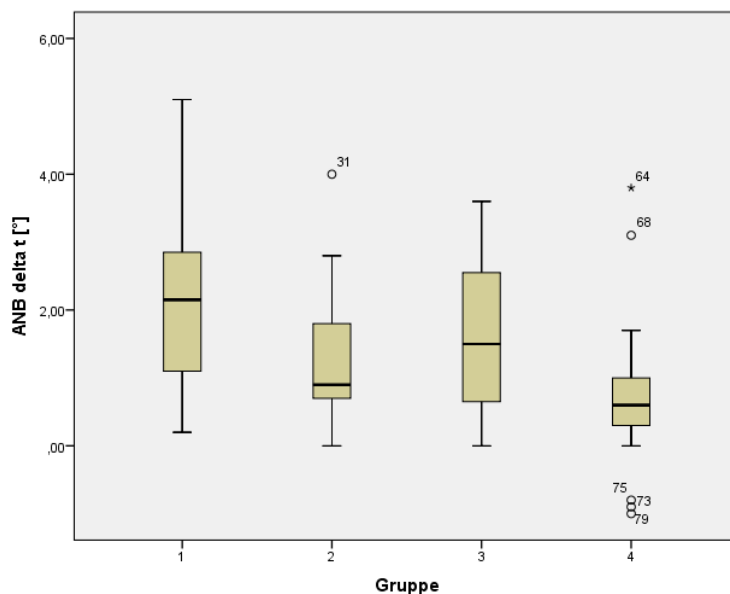


Abb. 4.11: Änderungen des Winkels ANB

4.1.12 Wits-Wert zum Zeitpunkt t_0

Der Wits-Wert zum Zeitpunkt t_0 wird in der Tab. 4.12 und in der Abb. 4.12 gezeigt. Die Untersuchung der vier Behandlungsgruppen zeigte keine signifikanten Unterschiede beim Wits-Wert zum Zeitpunkt t_0 ($p = 0,117$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei der geschlechterspezifischen Untersuchung innerhalb der Gruppen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 4.12: Mittelwerte und Standardabweichungen des Wits-Wertes zum Zeitpunkt t_0

[mm]	DVP	FR II	FMA	MB
MW	2,29	3,35	3,12	2,17
± SD	1,58	1,69	2,11	1,80
MW	m w	m w	m w	m w
± SD	2,50 2,08 1,70 1,51	3,11 3,61 1,37 2,03	3,36 2,90 1,85 2,40	1,95 2,35 2,11 1,60

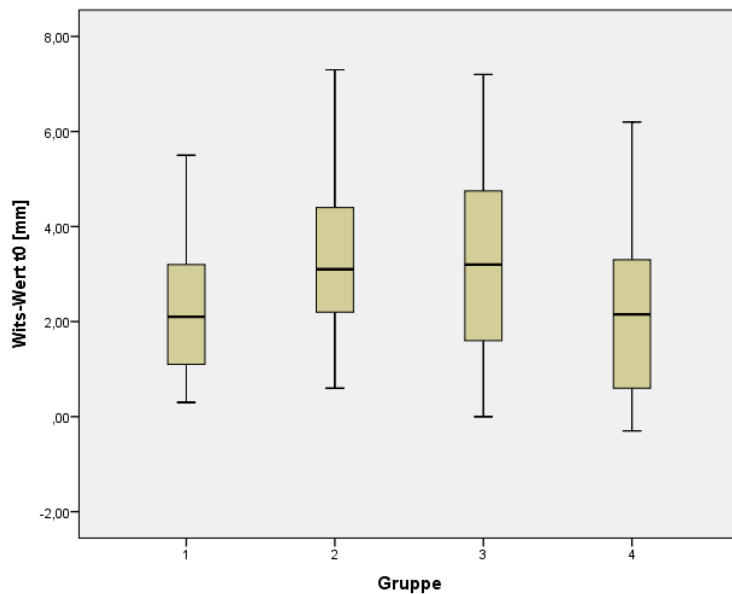


Abb. 4.12: Wits-Wert zum Zeitpunkt t_0

4.1.13 Veränderungen des Wits-Wertes

Die Veränderungen des Wits-Wertes im Behandlungsverlauf werden in Tab. 4.13 und in Abb. 4.13 dargestellt und waren signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen FMA und MB ($p = 0,024$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Mädchen und Jungen unterschieden sich signifikant ($p = 0,028$) innerhalb der Gruppe MB hinsichtlich Veränderungen des Wits-Wertes.

Tab. 4.13: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Wits-Wertes

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	1,53		1,87		2,38		0,96	
± SD	0,87		1,77		1,38		1,56	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	1,45	1,60	1,31	2,48	2,74	2,05	0,16	1,59
± SD	1,02	0,75	1,16	2,17	1,27	1,45	1,55	1,31

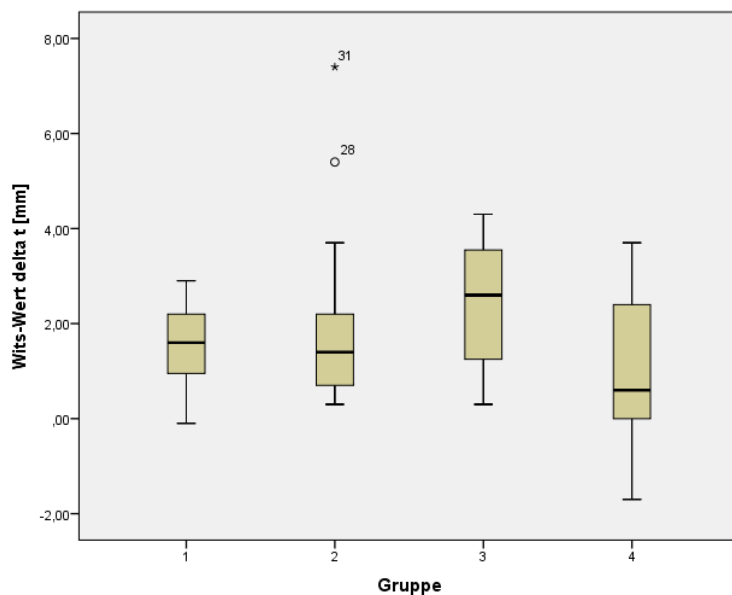


Abb. 4.13: Änderungen des Wits-Wertes

4.1.14 Veränderungen des Winkels OK1/NL

Der Winkel OK1/NL wird in Tab. 4.14 und in Abb. 4.14 dargestellt und zeigte im Behandlungsverlauf keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen ($p = 0,229$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Zwischen Mädchen und Jungen waren die Unterschiede innerhalb der Gruppen nicht signifikant.

Tab. 4.14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Winkels OK1/NL

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	2,95		3,07		-0,30		2,35	
± SD	5,80		5,18		7,37		4,61	
MW	m	w	m	w	m	w	m	w
± SD	1,87	4,03	1,30	5,02	1,00	-1,47	3,10	1,75
	6,65	4,91	3,47	6,18	5,60	8,80	4,83	4,59

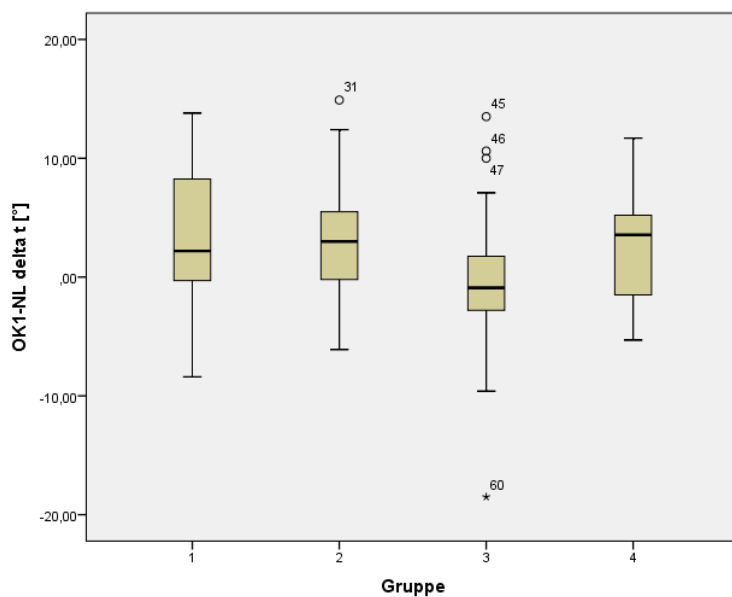


Abb. 4.14: Änderungen des Winkels OK1/NL

4.1.15 Veränderungen des Winkels UK1/ML

Die Veränderungen des Winkels UK1/ML im Verlauf der Behandlung werden in Tab. 4.15 und in Abb. 4.15 beschrieben. Die Unterschiede zwischen den vier Gruppen waren nicht signifikant ($p = 0,167$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die Unterschiede der Winkeländerung UK1/ML waren bei den Untersuchungen zwischen Mädchen und Jungen innerhalb der Gruppen nicht signifikant.

Tab. 4.15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen des Winkels UK1/ML

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	-2,50 5,85		-1,16 4,64		-4,55 5,78		-1,14 5,53	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	-4,10 7,08	-0,89 4,04	-0,59 2,91	-1,78 6,13	-2,97 6,05	-5,97 5,44	-0,26 6,83	-1,84 4,51

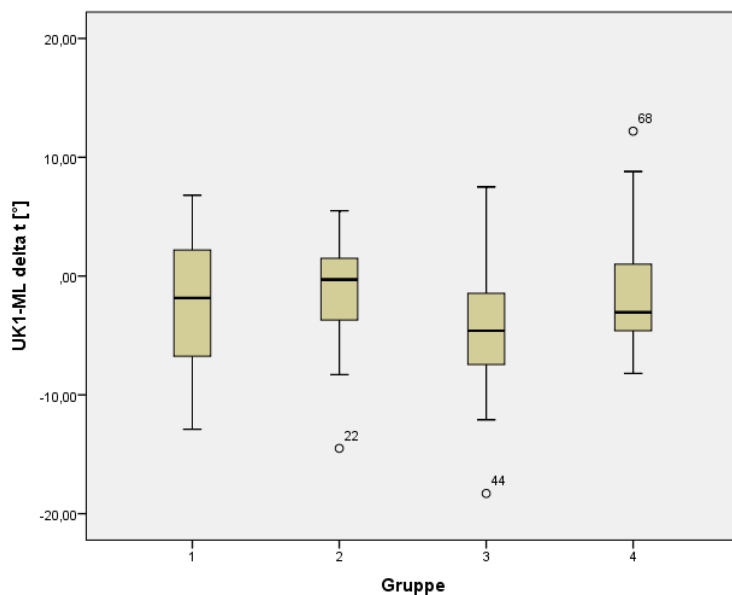


Abb. 4.15: Änderungen des Winkels UK1/ML

4.1.16 Veränderungen des Interinzisalwinkels II

Die Änderungen im Interinzisalwinkel im Verlauf der Behandlung werden in Tab. 4.16 und in Abb. 4.16 dargestellt. Sie zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen ($p = 0,066$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die Unterschiede der Winkeländerung II waren bei den Untersuchungen innerhalb der Gruppen zwischen Mädchen und Jungen nicht signifikant.

Tab. 4.16: Änderungen des Winkels II

[°]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-1,35		-2,16		4,48		-1,13	
± SD	8,10		6,94		10,70		8,02	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	0,46	-3,16	-1,08	-3,34	1,82	6,87	-2,15	-0,31
± SD	8,47	7,72	6,43	7,63	8,77	12,14	8,98	7,56

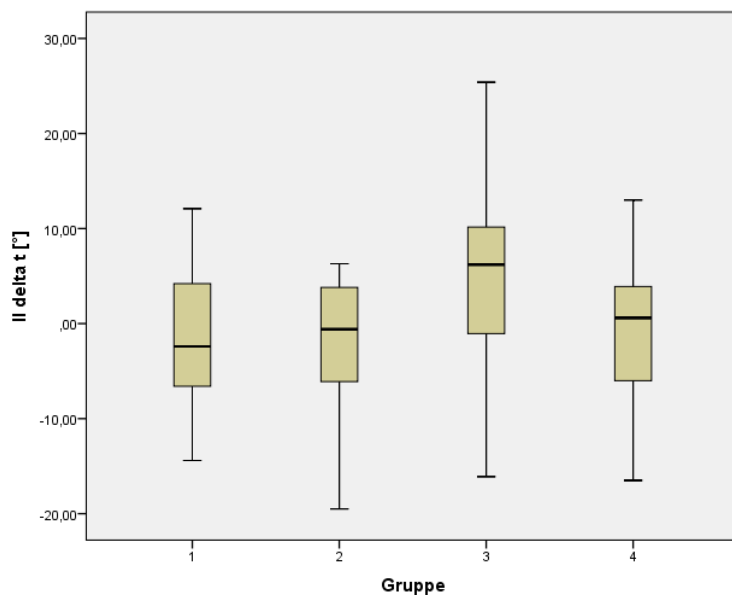


Abb. 4.16: Änderungen des Winkels II

4.1.17 Veränderungen der Strecke Is/OLp minus li/OLp

Die Veränderungen der sagittalen Frontzahnstufe Is/OLp minus li/OLp im Behandlungsverlauf werden in der Tab. 4.17 und in Abb. 4.17 beschrieben. Sie zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen ($p = 0,619$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei der Untersuchung der Gruppen auf Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen zeigte sich ein signifikanter Unterschied bei der Gruppe MB ($p = 0,001$).

Tab. 4.17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Is/OLp minus li/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	2,60		2,37		2,96		2,20	
± SD	1,96		2,33		2,03		1,58	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	1,97	3,23	1,88	2,90	3,14	2,79	1,04	3,13
± SD	1,86	1,94	1,81	2,80	1,91	2,21	1,24	1,17

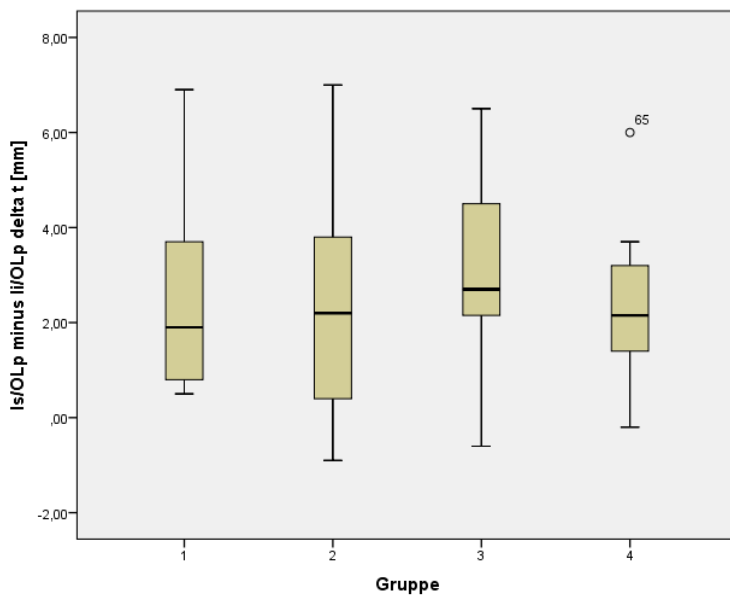


Abb. 4.17: Änderungen der Strecke Is/OLp minus li/OLp

4.1.18 Veränderungen der Strecke Ms/OLp minus Mi/OLp

Die Veränderung der Molarenrelation Ms/OLp minus Mi/OLp im Behandlungsverlauf wird in Tab. 4.18 und in Abb. 4.18 beschrieben. Sie zeigte hochsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen DVP und FR II und zwischen den Gruppen FMA und MB (beide $p = 0,006$). Ein höchstsignifikanter Unterschied ergab sich bei FR II und FMA ($p < 0,001$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die geschlechterspezifische Untersuchung zeigte keine signifikanten Unterschiede bei der Molarenrelation.

Tab. 4.18: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Ms/OLp minus Mi/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	3,25		1,31		3,63		1,72	
± SD	1,83		1,49		1,40		1,95	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	2,91	3,58	0,96	1,70	3,87	3,42	0,89	2,38
± SD	1,53	2,12	1,89	0,81	1,47	1,38	1,92	1,79

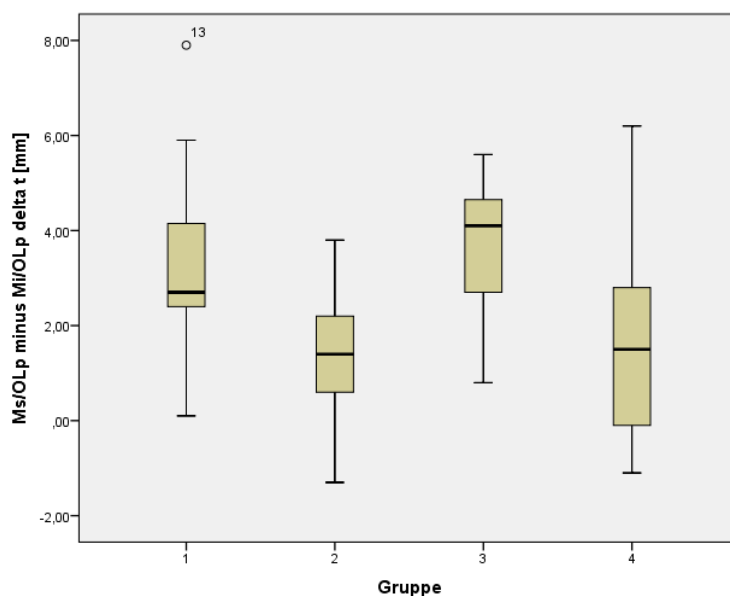


Abb. 4.18: Änderungen der Strecke Ms/OLp minus Mi/OLp

4.1.19 Veränderungen der Strecke A/OLp

Die Unterschiede der Streckenänderung A/OLp im Behandlungsverlauf werden in Tab. 4.19 und in Abb. 4.19 gezeigt. Sie waren signifikant unterschiedlich bei den Gruppen DVP und FR II ($p = 0,018$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Die Unterschiede der Streckenänderung A/OLp waren bei den Untersuchungen innerhalb der Gruppen nicht signifikant.

Tab. 4.19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke A/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-3,08		-0,78		-2,03		-1,63	
± SD	2,60		1,56		2,05		1,93	
MW	m	w	m	w	m	w	m	w
± SD	-3,96	-2,19	-1,06	-0,47	-2,42	-1,68	-1,83	-1,47
	2,98	1,90	1,36	1,76	2,36	1,78	2,11	1,88

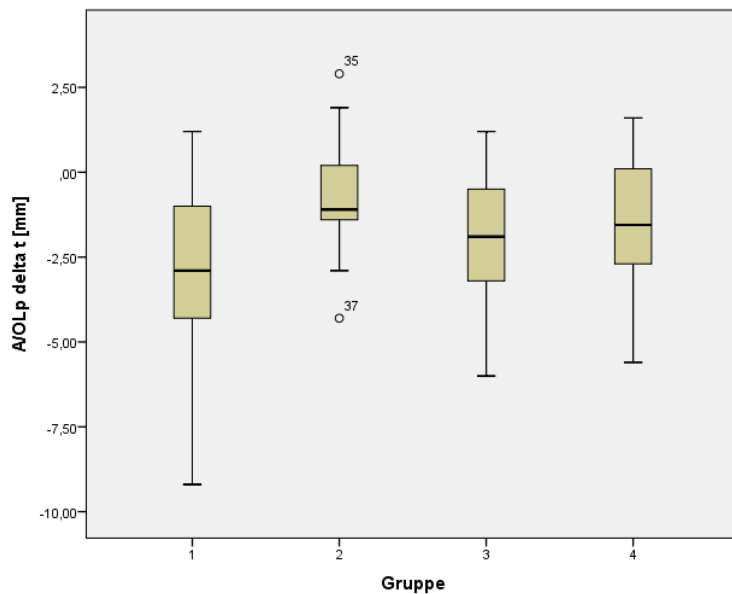


Abb. 4.19: Änderungen der Strecke A/OLp

4.1.20 Veränderungen der Strecke Pog/OLp

Die Veränderungen der Strecke Pog/OLp im Behandlungsverlauf werden in der Tab. 4.20 und in Abb. 4.20 gezeigt. Hochsignifikante Unterschiede ergaben sich zwischen den beiden Gruppen DVP und FR II ($p = 0,018$) und zwischen den beiden Gruppen DVP und MB ($p = 0,024$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterschiede: Die Unterschiede der Streckenänderung Pog/OLp waren bei den Untersuchungen innerhalb der Gruppen zwischen Mädchen und Jungen nicht signifikant.

Tab. 4.20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Pog/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-5,80		-2,51		-4,67		-2,33	
± SD	3,84		2,43		3,86		3,24	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-6,76	-4,84	-2,10	-2,97	-4,98	-4,39	-2,31	-2,35
± SD	3,70	3,93	2,13	2,77	2,81	4,75	3,76	2,98

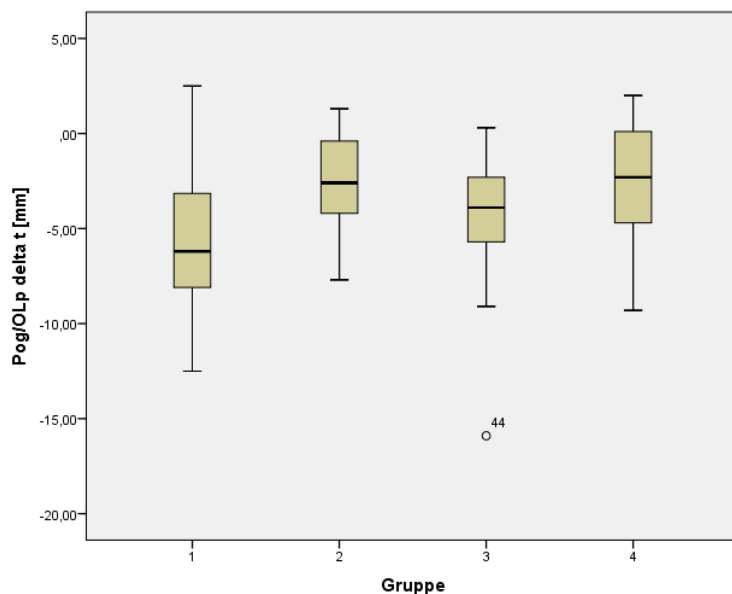


Abb. 4.20: Änderungen der Strecke Pog/OLp

4.1.21 Veränderungen der Strecke Cd/OLp

Die Veränderungen der Strecke Cd/OLp im Verlauf der Behandlung werden in der Tab. 4.21 und in der Abb. 4.21 dargestellt. Einen signifikanten Unterschied ergaben die Untersuchungen bei den Gruppen DVP und MB ($p = 0,030$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterschiede: Die Unterschiede der Streckenänderung Cd/OLp waren bei den Untersuchungen innerhalb der Gruppen nicht signifikant.

Tab. 4.21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Cd/OLp

[mm]	DVP	FR II	FMA	MB
MW	-1,90	-0,35	-0,43	-0,15
± SD	2,39	1,77	2,77	1,38
MW	m w	m w	m w	m w
± SD	-2,65 1,15 2,87 1,62	-0,73 0,06 2,08 1,35	-1,20 0,27 2,75 2,74	-0,31 -0,02 1,85 0,96

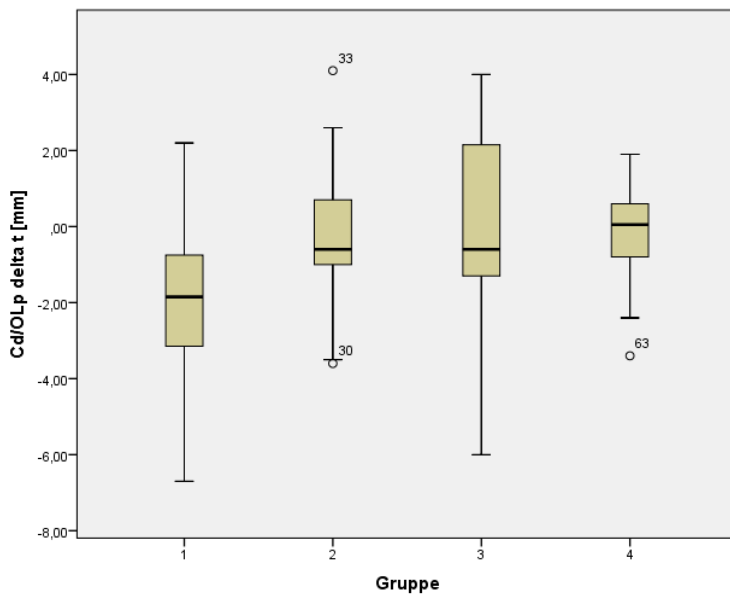


Abb. 4.21: Änderungen der Strecke Cd/OLp

4.1.22 Veränderungen der Strecke Pog/OLp plus Cd/OLp

Die Veränderungen der Strecke Pog/OLp plus Cd/OLp im Behandlungsverlauf werden in der Tab. 4.22 und in der Abb. 4.22 gezeigt. Hochsignifikant waren die Unterschiede zwischen den Gruppen DVP und FR II ($p = 0,002$) und zwischen den Gruppen DVP und MB ($p = 0,001$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterschiede: Bei Untersuchung der Streckenänderung Pog/OLp plus Cd/OLp zeigten sich innerhalb der Gruppen keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Tab. 4.22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Pog/OLp plus Cd/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-7,68		-2,87		-5,09		-2,48	
± SD	4,45		2,69		4,11		3,23	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-9,36	-6,00	-2,84	-2,90	-6,18	-4,12	-2,61	-2,38
± SD	4,16	4,26	1,67	3,61	2,66	5,03	3,77	2,95

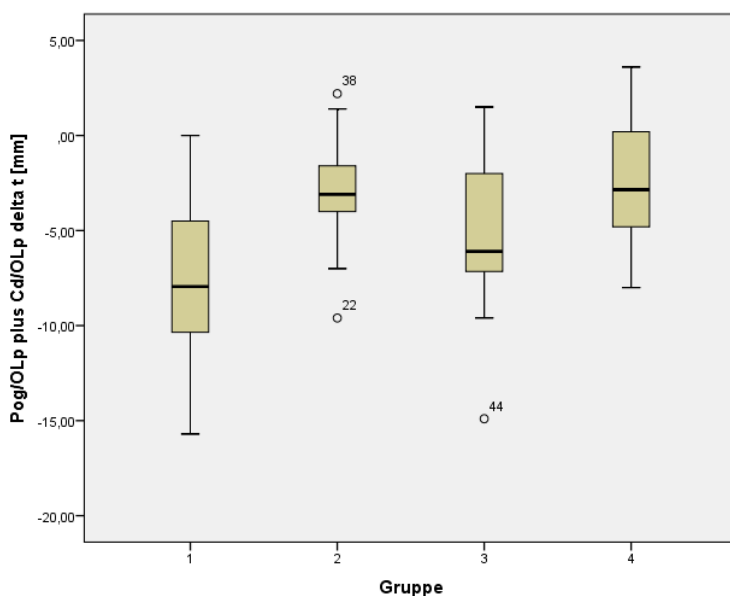


Abb. 4.22: Änderungen der Strecke Pog/OLp plus Cd/OLp

4.1.23 Veränderungen der Strecke Is/OLp

Die Veränderungen der Strecke Is/OLp im Verlauf der Behandlung werden in der Tab. 4.23 und in der Abb. 4.23 aufgezeigt. Einen signifikanten Unterschied ergab die Untersuchung bei den Gruppen FR II und FMA ($p = 0,018$) und bei den Gruppen DVP und MB ($p = 0,036$). Hochsignifikant waren die Unterschiede zwischen den Gruppen DVP und FR II ($p = 0,006$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Innerhalb der Gruppe DVP war der Unterschied der Streckenänderung Is/OLp hochsignifikant unterschiedlich zwischen den Mädchen und den Jungen ($p = 0,003$).

Tab. 4.23: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Is/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-3,25		-0,44		-2,72		-0,69	
± SD	3,07		2,12		2,76		2,73	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-4,80	-1,69	-0,68	-0,18	-2,72	-2,71	-1,15	-0,33
± SD	2,79	2,59	1,98	2,33	2,18	3,32	2,49	2,99

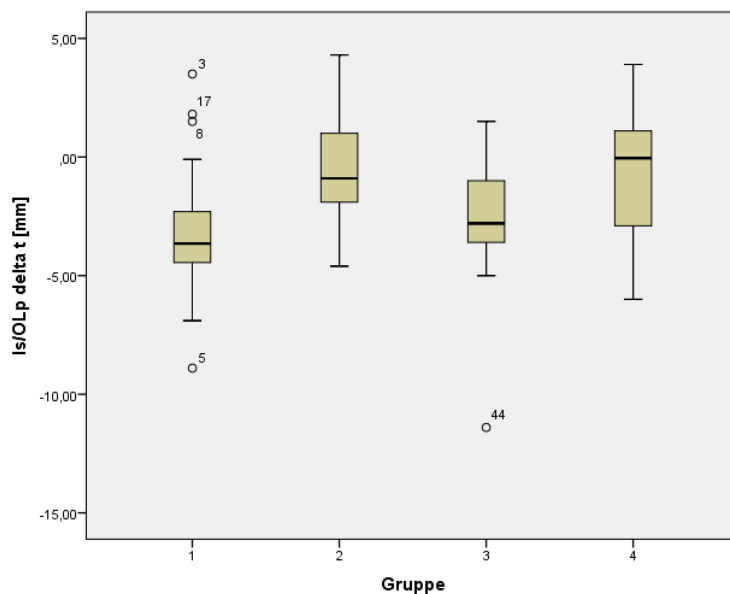


Abb. 4.23: Änderungen der Strecke Is/OLp

4.1.24 Veränderungen der Strecke li/OLp

Die Veränderungen der Strecke li/OLp im Behandlungsverlauf werden in der Tab. 4.24 und in Abb. 4.24 gezeigt. Signifikant war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen FR II und FMA ($p = 0,012$). Hochsignifikant unterschieden sich die Gruppen DVP und FR II sowie die Gruppen DVP und MB (beide $p = 0,006$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterschiede: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Tab. 4.24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke li/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW ± SD	-5,88 3,31		-2,80 2,10		-5,65 3,23		-2,93 2,38	
MW ± SD	m	w	m	w	m	w	m	w
	-6,80 3,55	-4,95 2,95	-2,54 1,94	-3,10 2,33	-5,86 3,01	-5,46 3,56	-2,21 2,30	-3,50 2,40

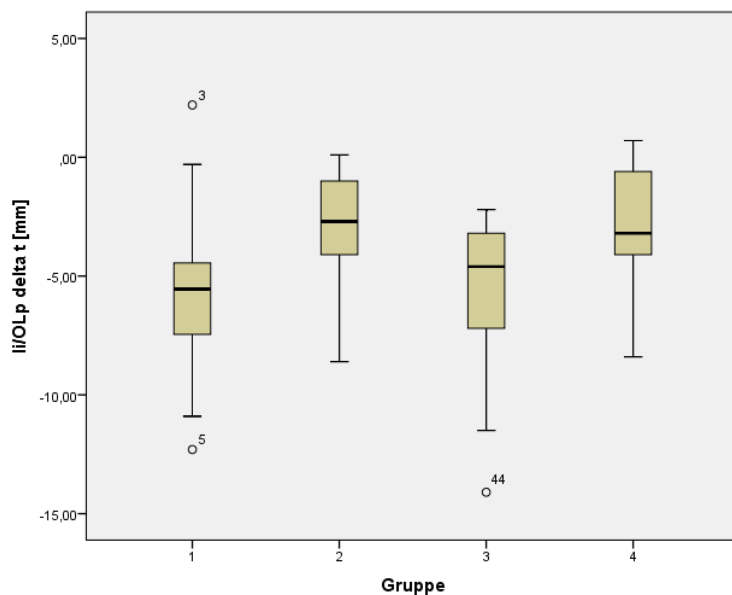


Abb. 4.24: Änderungen der Strecke li/OLp

4.1.25 Veränderungen der Strecke Ms/OLp

Die Veränderungen der Strecke Ms/OLp im Verlauf der Behandlung werden in Tab. 4.25 und in Abb. 4.25 gezeigt. Bei Untersuchung der vier Gruppen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für die Veränderungen der Strecke Ms/OLp ($p = 0,219$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Tab. 4.25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Ms/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-4,37		-1,64		-2,65		-1,83	
± SD	4,26		2,49		3,48		3,12	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-5,20	-3,54	-1,15	-2,18	-2,82	-2,50	-2,76	-1,09
± SD	4,41	4,16	2,76	2,17	3,55	3,60	3,14	3,06

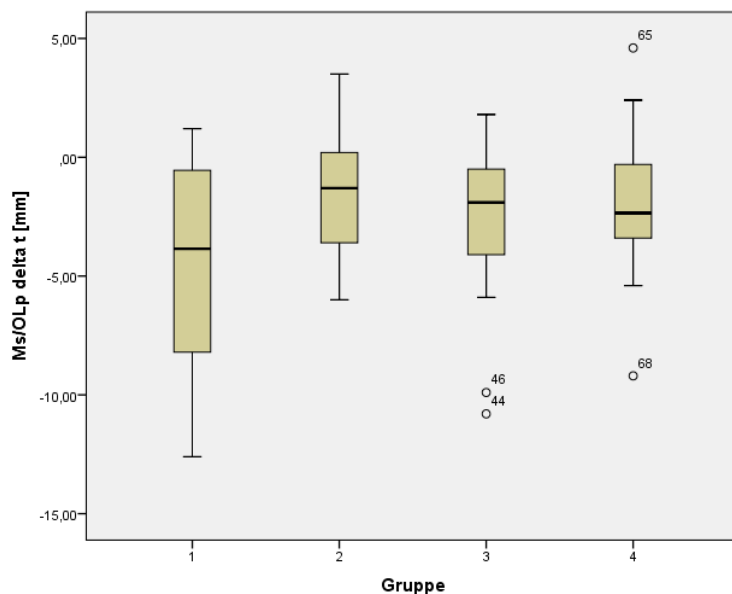


Abb. 4.25: Änderungen der Strecke Ms/OLp

4.1.26 Veränderungen der Strecke Mi/OLp

Die Veränderung der Strecke Mi/OLp im Verlauf der Behandlung wird in Tab. 4.26 und in Abb. 4.26 gezeigt. Dabei waren die Unterschiede zwischen den Gruppen DVP und FR II ($p = 0,001$), DVP und MB ($p = 0,006$) und FR II und FMA ($p = 0,006$) hochsignifikant (siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Tab. 4.26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Mi/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-7,62		-2,94		-6,29		-3,57	
± SD	3,64		2,92		3,65		3,29	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-8,11	-7,12	-2,09	-3,88	-6,68	-5,94	-3,65	-3,50
± SD	3,30	4,06	3,43	2,00	4,03	3,45	4,15	2,65

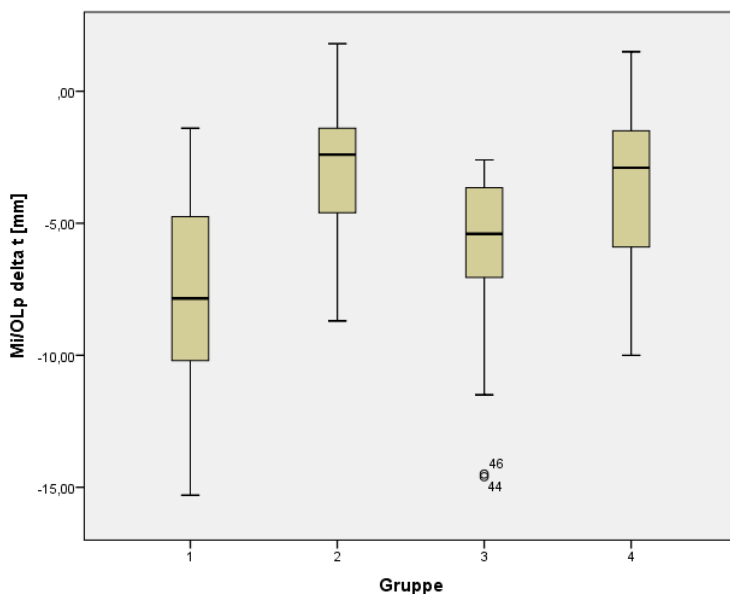


Abb. 4.26: Änderungen der Strecke Mi/OLp

4.1.27 Veränderungen der Strecke Is/OLp minus A/OLp

Die Veränderungen der Strecke Is/OLp minus A/OLp im Behandlungsverlauf werden in Tab. 4.27 und in Abb. 4.27 gezeigt. Signifikante Unterschiede zeigten sich zwischen den Gruppen FMA und MB ($p = 0,024$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen.

Tab. 4.27: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Is/OLp minus A/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-0,17		0,34		-0,68		0,93	
± SD	2,18		1,54		1,87		1,66	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-0,84	0,50	0,38	0,29	-0,30	-1,03	0,68	1,14
± SD	2,60	1,52	1,45	1,72	1,24	2,31	1,52	1,82

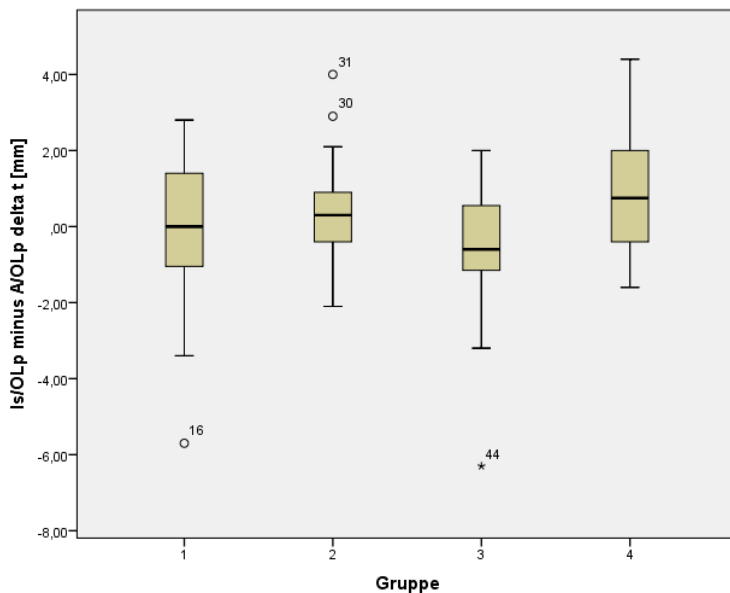


Abb. 4.27: Änderungen der Strecke Is/OLp minus A/OLp

4.1.28 Veränderungen der Strecke li/OLp minus Pog/OLp

Die Veränderungen der Strecke li/OLp minus Pog/OLp im Behandlungsverlauf werden in der Tab. 4.28 und in der Abb. 4.28 beschrieben. Keine signifikanten Unterschiede zeigten die Untersuchungen der Veränderungen der Strecke li/OLp minus Pog/OLp zwischen den einzelnen Gruppen ($p = 0,310$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich zwischen den Mädchen und den Jungen keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 4.28: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke li/OLp minus Pog/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-0,08		-0,29		-0,98		-0,59	
± SD	2,32		1,61		1,43		1,91	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-0,04	-0,11	-0,44	-0,13	-0,88	-1,07	0,10	-1,15
± SD	2,69	2,03	0,86	2,20	1,48	1,45	2,35	1,36

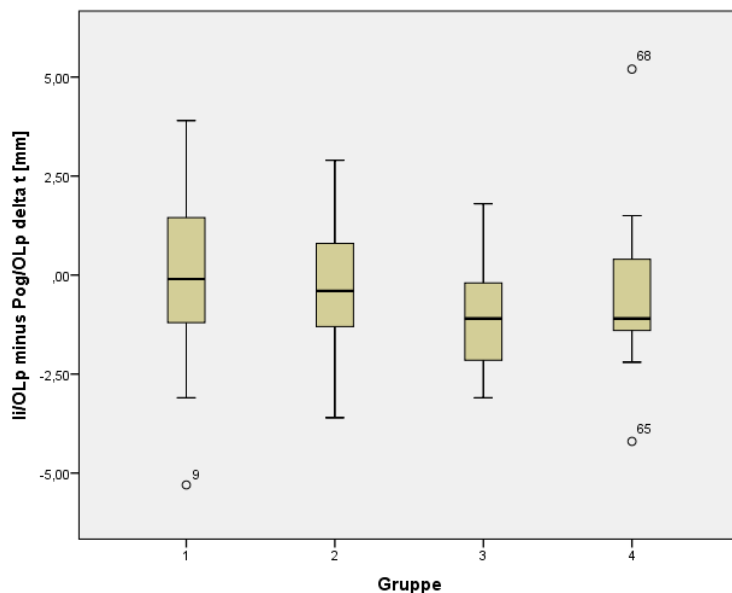


Abb. 4.28: Änderungen der Strecke li/OLp minus Pog/OLp

4.1.29 Veränderungen der Strecke Ms/OLp minus A/OLp

Die Veränderungen der Strecke Ms/OLp minus A/OLp im Verlauf der Behandlung werden in Tab. 4.29 und in Abb. 4.29 gezeigt. Die Untersuchungen ergaben keine signifikanten Unterschiede der Veränderungen der Strecke Ms/OLp minus A/OLp zwischen den einzelnen Gruppen ($p = 0,510$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und Jungen.

Tab. 4.29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Ms/OLp minus A/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-1,30		-0,86		-0,62		-0,21	
± SD	2,61		2,05		2,22		2,45	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-1,24	-1,35	-0,08	-1,71	-0,40	-0,82	-0,94	0,38
± SD	2,37	2,95	2,15	1,63	1,96	2,53	2,69	2,21

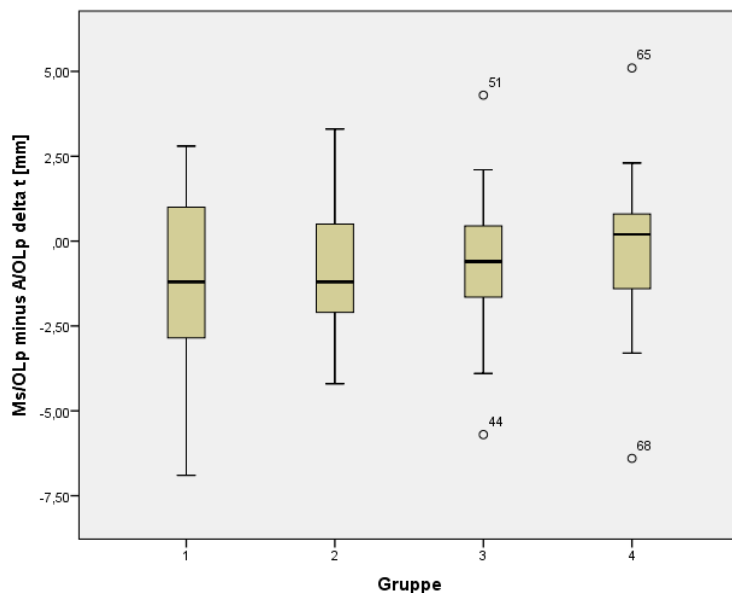


Abb. 4.29: Änderungen der Strecke Ms/OLp minus A/OLp

4.1.30 Veränderungen der Strecke Mi/OLp minus Pog/OLp

Die Untersuchungen der Gruppen auf Veränderungen der Strecke Mi/OLp minus Pog/OLp im Verlauf der Behandlung werden in der Tab. 4.30 und in Abb. 4.30 gezeigt. Sie ergaben keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,060$, siehe Anhang, Tab. 9.1).

Geschlechterspezifische Unterscheidung: Bei den Untersuchungen der einzelnen Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mädchen und den Jungen.

Tab. 4.30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Änderungen der Strecke Mi/OLp minus Pog/OLp

[mm]	DVP		FR II		FMA		MB	
MW	-1,82		-0,43		-1,62		-1,23	
± SD	1,17		2,05		1,81		1,84	
	m	w	m	w	m	w	m	w
MW	-1,35	-2,28	0,01	-0,91	-1,70	-1,55	-1,34	-1,15
± SD	1,10	1,10	2,55	1,27	1,85	1,86	2,32	1,47

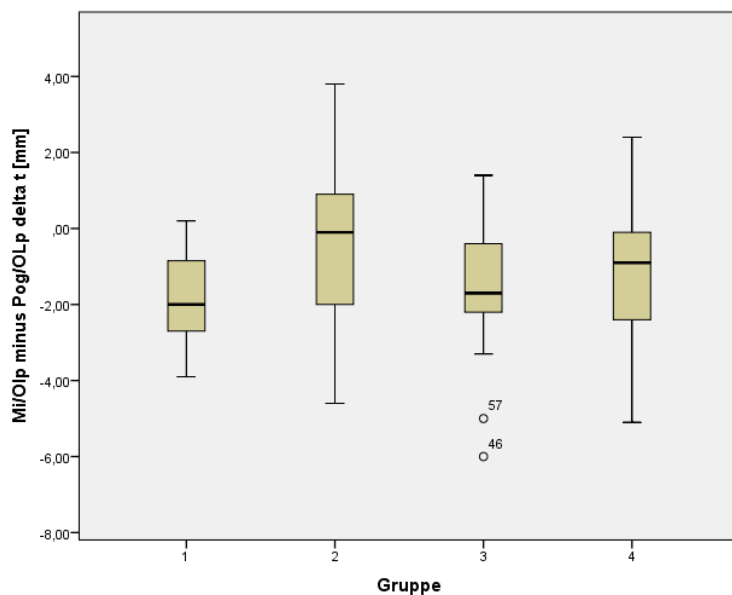


Abb. 4.30: Änderungen der Strecke Mi/OLp minus Pog/OLp

4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Untersuchungsergebnisse in Bezug auf die Dauer der Behandlung waren zwischen der Gruppe DVP und den anderen drei Gruppen signifikant unterschiedlich. Für die Patienten der Gruppe DVP war die Behandlungsdauer am längsten.

Unter dem Einfluss aller Behandlungsapparaturen verkleinerten sich sowohl der ANB-Winkel als auch der Wits-Wert. Signifikante Unterschiede konnten zwischen den Gruppen DVP und MB (für den Winkel ANB) und zwischen den Gruppen FMA und MB (für den Wits-Wert) festgestellt werden.

Weiterhin konnte eine Vergrößerung des SNB-Winkels in allen vier Gruppen festgestellt werden, jedoch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Gruppen. Die Strecke Pog/OLp vergrößerte sich ebenso bei allen Gruppen. Signifikant unterschiedlich waren die Ergebnisse zwischen den Gruppen DVP und FR II und zwischen den Gruppen DVP und MB.

Bei Betrachtung der dentalen Veränderungen zeigten sich bei der Molarenrelation hochsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen DVP und FR II und zwischen den Gruppen FMA und MB. Höchstsignifikante Unterschiede konnten für die Gruppen FR II und FMA festgestellt werden.

4.3 Ergebnisse Fehler nach Dahlberg

Die Ergebnisse für den Fehler nach Dahlberg sind in Tab. 4.31 dargestellt. Die für diese Arbeit relevanten Parameter sind gesondert hervorgehoben.

Tab. 4.31: Methodenfehler nach Dahlberg (Dahlberg, 1940)

Parameter	Methoden- fehler
NSBa	0,996
SNA	0,723
SNB	0,664
SNPog	0,654
Pog-NB	0,315
ANB	0,290
Wits-Wert	0,485
Ar-tGo-Me	0,912
Is1o-NA	0,407
OK1-NA	0,968
OK1-NL	1,017
Is1u-NB	0,337
UK1-NB	1,125
UK1-ML	1,099
II	1,175
Is/OLp minus li/OLp	0,323
Ms/OLp minus Mi/OLp	0,606
A/OLp	0,782
Pog/OLp	0,981
Cd/OLp	0,839
Pog/OLp plus Cd/OLp	1,125
Is/OLp	0,759
li/OLp	0,762
Ms/OLp	0,773
Mi/OLp	0,887

5 Diskussion

5.1 Material

5.1.1 Patienten

Bei Auswahl der Patienten wurde auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung hinsichtlich der Anzahl der Patienten pro Behandlungsapparatur geachtet. Innerhalb der vier Gruppen wurde die Homogenität bezüglich der Geschlechterverteilung und des Alters zu Behandlungsbeginn berücksichtigt. Eine größere Anzahl an Probanden wäre wünschenswert gewesen, die strikten Einschlusskriterien und Voraussetzungen sowie eine Homogenität aller vier Gruppen machte dies jedoch nicht möglich. Über eine mögliche kieferorthopädische Vorbehandlung im Sinne einer GNE (Gaumennahterweiterungsapparatur) oder z.B. das Tragen eines Headgears lagen keine Informationen vor. Bei den Gruppen DVP und FMA handelt es sich jeweils um ein Patientenkollektiv, welches nicht aus der Klinik für Kieferorthopädie der Universität des Saarlandes stammt. Auch für diese Patienten waren keine Informationen bezüglich einer kieferorthopädischen Vorbehandlung bekannt.

Eine Kontrollgruppe einer unbehandelten Klasse II, um die tatsächlichen Effekte der Behandlungsapparaturen von natürlichen Wachstums- und Entwicklungsvorgängen zu unterscheiden, lag nicht vor und wurde daher nicht in die Untersuchung mit einbezogen. Wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass die Mandibula während des Wachstums und der Gebissentwicklung einer steten Größenzunahme sowie einer physiologischen Vorverlagerung auch ohne therapeutischen Einfluss unterliegt (Björk, 1955). Bei Jungen sind diese Veränderungen nicht ganz so stark ausgeprägt wie bei Mädchen (Sander & Wichelhaus, 1995; Gesch, 2000; Kinzinger et al., 2002). Zu keinem Zeitpunkt der zehn Jahre andauernden Untersuchung war ein extremer Wachstumsschub erkennbar, auch nicht während des pubertären Wachstumsmaximums. Beim Betrachten des Oberkiefers zeigen die Untersuchungen, dass postnatal nur wenig Wachstum vorhanden ist. So kommt es nach Verknöchern der Suturen (bis zum etwa 10. Lebensjahr) kaum noch zu Veränderungen im Sinne einer Sagittalentwicklung und Längenzunahme. Das Wachstum des Unterkiefers hat postnatal jedoch noch ein Wachstumspotential, welches bis zum pubertären Wachstumsmaximum seinen Höhepunkt erreicht (Riolo et al., 1974).

Unterschiedliche Wachstumsmuster (hyperdivergenter oder hypodivergener Typ), welche durch den Grundebenenwinkel ML/NSL (oder Basiswinkel nach A.M. Schwarz) beurteilt werden, wurden bei der Gruppengruppenzusammenstellung zunächst nicht beachtet. Perinetti hat gezeigt, dass das Wachstumsmuster einen wesentlichen Einfluss auf den Therapieerfolg hat und bei der Therapieplanung berücksichtigt werden sollte (Perinetti et al., 2015). Während sich beim neutralen und beim horizontalen Wachstumstyp die Wachstumsförderung begünstigend auswirkt, kann selbige beim vertikalen Wachstumstypen die Klasse II,1 noch weiter ausprägen (Wichelhaus, 2013). Um den Aspekt vergrößertes vertikales oder verkleinertes horizontales Wachstumsmuster genauer zu beleuchten, wurde in der Auswertung dieser Arbeit die Entwicklung des Winkels ArtGo-Me untersucht (Harzer, 2011).

Für diese Arbeit wurde der Wits-Wert als Einschlusskriterium für das Vorliegen einer distalen basalen Kieferrelation gewählt. Der Wits-Wert wird über die Okklusionsebene ermittelt. Häufiger verwendetes Einschlusskriterium ist der ANB-Winkel. Er hätte somit eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien ermöglicht. Vor- und Nachteile der beiden Messungen wurden in der Vergangenheit vielfach untersucht (Stapf-Fiedler, 1981). Für den ANB sprechen die bessere Reproduzierbarkeit bzw. weniger Abweichung zwischen unterschiedlichen messenden Personen. Dagegen sprechen Einflüsse wie Länge der anterioren Kieferbasis (Lage von Nasion), die den ANB-Winkel größer oder kleiner erscheinen lassen. Ebenso wird eine nicht ausreichende Reproduzierbarkeit des A-Punktes diskutiert (Miethke, 1989). Um den verschiedenen Kritikpunkten gerecht zu werden kann der individuelle ANB bestimmt werden. Dieser bezieht die Inklination des Oberkiefers (NSL) sowie Unterkiefers (ML) und die Relation zueinander mit ein (Pangioditis & Witt, 1977).

5.1.2 Behandlungsapparaturen

Als Behandlungsapparaturen wurden gängige und bewährte Apparaturen zur Behandlung der skelettalen Klasse II,1 herangezogen. Mit dem FMA werden durch eine vestibulär angebrachte „schiefe Ebene“ funktionskieferorthopädische Prinzipien verfolgt. Mittels Vorschubbügel wirkt die Apparatur im Sinne einer Vorverlagerung aktiv auf den Unterkiefer ein. Da es sich um eine festsitzende Behandlungsapparatur handelt, spielt der Faktor Patientencompliance eine untergeordnete Rolle. Bei den Patienten der Gruppe Multibracket-Apparatur, welche Gummizüge getragen haben, wurde auf die

klassische Klasse-II-Konfiguration geachtet, d.h. das Einhängen der Gummizüge beidseits an den Oberkiefer Eckzähnen und den Unterkiefersechsjahrmolaren. Die Variationsbreite wie Gummizüge eingehängt werden können ist groß, sollte aber zur bestmöglichen Vergleichbarkeit bei allen Probanden der Gruppe gleich sein (Spalding, 2001; Hourfar & Ludwig, 2015). Ein großer Nachteil dieser Behandlungsapparatur ist die notwendige Patientencompliance in Hinblick auf die korrekte Trageweise und –dauer. Weiterer Nachteil sind die bekannten Nebeneffekte. Klasse-II-Gummizüge bewirken einen Kraftvektor, welcher in sagittaler Richtung sowohl auf die Mandibula wie auch auf die Dentition wirkt. Folglich muss daher immer mit einer Extrusions- und Kippungstendenz der Unterkiefermolaren und der Oberkiefer Eckzähne sowie einer Proklination der Unterkieferfrontzähne gerechnet werden. Zusätzlich bewirken Klasse-II-Gummizüge eine Vertiefung der Oberkieferfront (Sander et al., 2011) und Torqueverlust (McLaughlin et al., 2004).

5.2 Methode

5.2.1 Fernröntgenseitenaufnahme

Die Röntgenbilder wurden an verschiedenen Standorten und mit unterschiedlichen Röntgenapparaturen angefertigt. Die Zeitpunkte der Röntgenaufnahmen nach Behandlung stimmten nicht in jedem Fall mit dem Datum überein, zu welchem die aktive Behandlung endete.

Die Qualität der Bilder ist entscheidend für deren Aussagekraft (Rakosi, 1979). Detailgetreue und scharfzeichnende Röntgenaufnahmen waren Voraussetzungen, weswegen es zum nachträglichen Ausschluss mehrerer Patienten kam. In einigen Fällen wurden die Behandlungsapparaturen vor Anfertigung des FRS nicht entnommen. Sie erschwerten die Auswertungen, insbesondere die der dentalen Parameter.

5.2.2 Kephalemtrische Analysen

Für die vorliegende Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Ansätze zur Auswertung der FRS herangezogen. Der Analyse „Homburg `02“ wurde die SO-Analyse nach Pancherz entgegengesetzt. „Homburg `02“ basiert auf der FRS Analyse nach Hasund und Segner und bewertet die sagittale und vertikale Lagebeziehung von Maxilla und Mandibula zueinander. Hasund und Segner legten besonderen Wert auf die Individualität ihrer Analyse methode. Die Durchführung ist einfach und nachvollziehbar. Das

Auffinden der Referenzpunkte und die Konstruktion von Referenzlinien sind wenig kompliziert. Die Werte für die Normbereiche wurden aus zahlreichen Untersuchungen an Mittel- und Nordeuropäern abgeleitet. Bei beiden Auswertungen werden nahezu identische Referenzpunkte angewendet. Bei der SO-Analyse nach Pancherz werden jedoch ausschließlich Strecken vermessen. Die SO-Analyse ermöglicht die quantitative Erfassung von skelettalen und dentalen Veränderungen im Verlauf der Behandlung. Sie gibt Aufschluss über sagittale Okklusionsveränderungen wie die sagittale Frontzahnstufe und die Molarenbeziehung (Pancherz, 1982; Pancherz, 1984).

Es wird davon ausgegangen, dass alle Patienten ordnungsgemäß im Kephalostat positioniert wurden und daher die radiographischen Fehler als vernachlässigbar gering einzuschätzen sind. Die Messung von Winkeln und Strecken fand computergestützt statt, sodass Fehler an dieser Stelle ausgeschlossen werden können. Von größerer Bedeutung bei der Fehleranalyse ist die Bestimmung der kephalometrischen Messpunkte durch die auswertende Person. Um interindividuelle Unterschiede beim Setzen der Messpunkte zu verhindern, wurden alle Durchzeichnungen von derselben Person durchgeführt. Die Definition der Punkte war zuvor eindeutig festgelegt worden. Zudem ist festzustellen, dass bei der SO-Analyse nach Pancherz ein Vergleich mit anderen Analysen erschwert wird, da unterschiedliche Untersucher auf verschiedene Referenzlinien für die OLp zurückgreifen, was die Vergleichbarkeit der Studien erschwert (Birkenkamp, 2004).

5.3 Statistische Ergebnisse

5.3.1 Patientenalter zu t_0 und t_1 , Behandlungsdauer

Alle kieferorthopädischen Apparaturen dieser Arbeit wurden bei den Patienten entsprechend der Indikation und zu einem Alter eingesetzt, wie es in Literatur und zahlreichen anderen Studien beschrieben und empfohlen wird (McNamara et al., 1985; Lisson, 2000; Spalding, 2001; Kinzinger & Diedrich, 2005). Dies erklärt statistisch hoch- und höchstsignifikante Unterschiede zwischen den Gruppen der Patienten mit einer Frühbehandlung und den Gruppen der Patienten mit einer Hauptbehandlung. Es wurde ein hochsignifikanter Unterschied zwischen FMA und Multibracket-Apparatur festgestellt. Im Mittel starteten die Patienten der Gruppe FMA 1,6 Jahre vor den Patienten der Gruppe MB.

Die mittlere Tragedauer der Gruppe DVP ist im Vergleich mit den anderen drei Gruppen höchstsignifikant unterschiedlich. Die Patienten wurden durchschnittlich über $4,59 \pm 1,28$ Jahre behandelt. Kassenzahnärztliche Richtlinien ermöglichten diese so lange Behandlung bis Mitte der 1990er Jahre. Die Beschränkung auf eine feste Anzahl von Behandlungsquartalen zeigt sich bei den drei anderen Gruppen. Heute muss zwischen einer Hauptbehandlung (16 Behandlungsquartale inkl. Retentionsphase) und einer Frühbehandlung (6 Behandlungsquartale) nach Kassenrecht unterschieden werden (Richtlinien des Bundesausschusses für die kieferorthopädische Behandlung). Bei Betrachtung der Mittelwerte sind die Geräte DVP und FMA länger getragen worden als FR II und MB. Entsprechend der sehr langen Tragedauer der Gruppe DVP überrascht es nicht, dass die Patienten dieser Gruppe zum Zeitpunkt des Therapieendes im Durchschnitt am ältesten waren.

5.3.2 Winkel SNA, SNB, ANB und Wits-Wert zu Behandlungsbeginn

Alle Mittelwerte für den SNA-Winkel zeigten durchschnittliche Werte für Kaukasier ($82^\circ \pm 3^\circ$). Dies liegt darin begründet, dass bei der Auswahl des Patientengutes darauf geachtet wurde, eine skelettale Klasse II,1 mit einer mandibuläre Retro- und/oder Mikrognathie bei maxillärer Eugnathie zu wählen. Dasselbe Augenmerk wurde auch auf den SNB-Winkel gelegt. Der SNB-Winkel lag zum Zeitpunkt t_0 durchschnittlich $4,18^\circ$ unter dem Mittelwert für Kaukasier von $80^\circ \pm 3^\circ$. (Segner & Hasund, 1998). Sowohl auf den Winkel SNA als auch auf den Winkel SNB hat zusätzlich die Neigung der vorderen Schädelbasis Einfluss. Diese wurde in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Weiterhin muss eine sagittale Veränderung in Bezug auf Nasion bei z.B. retrognathen oder prognathen Gesichtstypen beachtet werden. Anteriores Wachstum im Nasionbereich beeinflussen die beiden Winkel SNA und SNB aber auch den Winkel ANB. So kann es zu einer Veränderung des ANB-Winkels bei gleichbleibenden SNA und SNB-Winkeln kommen. Dieser Faktor wurde bei der Auswertung dieser Arbeit nicht beachtet (Jacobson, 1975; Björk & Skieller, 1983; Pancherz & Sack, 1990). Die Mittelwerte des Winkels ANB variierten in den vier Gruppen und zeigten in der Gruppe DVP die größte Abweichung vom Normwert ($2^\circ \pm 2^\circ$). Der Mittelwert der Gruppe MB liegt nahe dem Durchschnittswert, d.h. die skelettale Klasse II,1 ist in dieser Gruppe am schwächsten ausgeprägt. Eine Frühbehandlung oder natürliche Wachstumsvorgänge haben möglicherweise bereits zu skelettalen Korrekturen geführt. Für die vorliegende Arbeit wurde als Einschlusskriterium einer skelettalen Klasse II,1 der Wits-

Wert herangezogen. Der ANB-Winkel wurde auf Grund seiner Beeinflussbarkeit vernachlässigt. Die Wits-Werte aller vier Gruppen bestätigt ebenfalls das Vorliegen einer skelettalen Klasse II,1. Auch hier zeigt die Gruppe MB die geringste Ausprägung der Klasse II,1. Anders als beim Winkel ANB zeigt die Gruppe FR II die größte Abweichung bezüglich des Wits-Wertes.

5.3.3 Kephalemtrische Untersuchungen der skelettalen Veränderungen

Der SNA-Winkel wurde im Verlauf der Behandlung im Mittel bei allen Patienten kleiner. Die Gruppen FR II, FMA und MB zeigten eine Verringerung des SNA von etwa einem halben Grad, in der Gruppe DVP waren es im Mittel $1,83^\circ$. Diese Werte entsprechen den Erwartungen und bestätigen Ergebnisse der aktuellen Literatur (Cheung et al., 2015; Bock et al., 2016; Zymperdikas et al., 2016). Die Patienten der Gruppe DVP waren zum Eintritt in die Behandlung am jüngsten und können daher noch Restwachstum im Bereich der Maxilla erfahren (Köbel et al., 2012). Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen diese Annahme. Zusätzlich ist der wachstumshemmende Einfluss des FMA auf die Maxilla (SNA-Winkel) zu beachten (Kinzinger & Diedrich, 2005). Der Winkel SNB veränderte sich im Sinne einer Unterkiefervorverlagerung bei allen vier Gruppen. Die mittleren Vergrößerungen waren unterschiedlich. Der Mittelwert der Gruppe MB gibt mit $\pm 0,10^\circ$ fast keine skelettale Vorverlagerung der Mandibula an. Die Patienten der Gruppe FMA weisen eine mittlere Größenzunahme des SNB von $\pm 1,07^\circ$ auf. Die Ergebnisse der skelettalen Vorverlagerung in den Gruppen der herausnehmbaren Apparaturen lagen zwischen den Werten der beiden anderen Gruppen. Arbeiten von Lisson und Kinzinger bestätigen die Studienergebnisse (Bishara, 1998; Lisson, 2000; Kinzinger, GSM; Frye, L; Diedrich, 2009; Brune, 2010). Für die Gruppe FR II wurden 1985 von McNamara eine größere Zunahme von SNB erreicht (McNamara et al., 1985). Hinsichtlich des ANB-Winkels ergab sich ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe DVP und MB. Skelettal veränderte sich die Relation der sagittalen Position von Oberkiefer und Unterkiefer bei den Patienten mit DVP um fast 2° .

Der Aufbau der anterioren Schädelbasis wurde in der Studie bei der Auswahl des Patientenkollektivs nicht berücksichtigt. Die Winkel SNA und SNB stehen in Abhängigkeit zur Nasion-Sella-Linie. Rotationen im oder gegen den Uhrzeigersinn bedingen hypo- oder hyperdivergente Profile. Die Lage von Nasion (Länge der Nasion-Sella-Linie) steht im Zusammenhang mit einem eher größeren oder eher kleineren ANB-Winkel

(Segner & Hasund, 1998). Für eine genauere Untersuchung wären noch weitere Messungen und Unterscheidung der Individuen nach ihren Wachstumsmustern notwendig. Die gegensätzlichen Aussagen von ANB-Winkel und Wits-Wert werden in der Literatur diskutiert (Jacobson, 1975; Jacobson, 1976; Jacobson, 1988; Stapf-Fiedler, 1981) und auch die Ergebnisse dieser Studie bestätigen, dass die Aussagen von ANB-Winkel und Wits-Wert abweichend sein können. Die Veränderungen des Wits-Wertes sind in dieser Arbeit zwischen den Gruppen FMA und MB signifikant unterschiedlich. Dies konnte gleichzeitig für den ANB-Winkel nicht festgestellt werden. Würde man ausschließlich den ANB-Winkel betrachten, hätten alle vier Behandlungsapparaturen ähnliche Behandlungserfolge bei Therapie der Klasse II,1 erzielt.

Bei Betrachtung der Ergebnisse für die Strecke A/OLp bestätigte sich die Aussage des SNA-Winkels. Es zeigte sich eine Größenzunahme der Maxilla im Verlauf der Therapie. Entgegen den Erwartung sind die Ergebnisse von A/OLp bei den Gruppen der Frühbehandlung (DVP und FR II) statistisch signifikant unterschiedlich. Die Gruppe FR II zeigt mit $\pm 0,78$ mm im Mittel die geringsten Veränderungen. Die größten Unterschiede zwischen t0 und t1 wurden in der Gruppe DVP festgestellt. Dies kann mit der längeren Behandlungsdauer der Gruppe DVP begründet werden. Auch die Gruppe FMA zeigte Ergebnisse bei A/OLp im Sinne einer Größenzunahme der Maxilla. Möglicherweise ist das erschwerte Setzen des A-Punktes eine Erklärung für diese Ergebnisse. Durch die Weichgewebe lässt sich die anteriore Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes in der Sagittalen nicht immer eindeutig auffinden (Segner & Hasund, 1998). Eine Zunahme der Strecke Pog/OLp war in allen vier Gruppen zu erkennen und besonders deutlich stellte sich dies bei der Gruppe DVP dar (längste Behandlungsdauer). Die Gruppen FR II und MB zeigten hingegen weniger skelettale Veränderungen. Bei der Gruppe MB ist dies mit der kurzen Behandlungsdauer sowie dem weiter fortgeschrittenen Alter in dieser Patientengruppe zu erklären. Die Ergebnisse entsprechen der Hypothese, dass nach Überschreiten des Wachstumsmaximums nur noch wenig Restwachstum zu erwarten ist (Björk & Helm, 1967). Bei der Gruppe FR II hätte man eine größere Veränderung für die Strecke Pog/OLp erwartet, da sich diese Kohorte vor dem puberalen Wachstumsmaximum befindet. Die Patientengruppen DVP und FMA zeigen deutliche Zunahmen der Strecke Pog/OLp, was mit einer längeren täglichen Tragedauer und im Fall von DVP mit einer längeren Behandlungszeit und dem Patientenalter begründet werden kann. Ein weiterer wesentlicher Aspekt für die

erfolgreiche Therapie stellen die Compliance Patienten dar. Die Gruppe der DVP Patienten wurde zwischen 1980 und 2000, die FR II Behandlungsgruppe von 2009 bis 2014 behandelt. Aufgrund der heutigen gesellschaftlichen Entwicklung und der zunehmenden Stressbelastung der jugendlichen Patienten im Vergleich zu den letzten Jahrzehnten, stellt sich daher die Frage, ob in dieser Zeit eine höhere Compliance vor allem in Hinblick auf die tägliche Tragedauer erreicht wurde.

Die Boxplotdiagramme für die Veränderungen im Kiefergelenk (Cd/OLp) zeigen bei einigen Patienten eine Verkleinerung des Kiefergelenks. Dieses Phänomen zeigt sich in allen vier Gruppen und ist am deutlichsten an den Mittelwerten der Mädchen in den Gruppen FR II und FMA erkennbar. Die Beurteilung der Ergebnisse von Cd/OLp ist nicht eindeutig, da sie stark von der Qualität des FRS und der Positionierung des Patienten im Kephalostat abhängig sind. Daraus resultiert, dass auch die Beurteilung der Ergebnisse für die Größenzunahme der Mandibula (Pog/OLp plus Cd/OLp) nicht eindeutig bestimmbar ist. In der Gruppe DVP sind das Wachstum und die Vorverlagerung am größten und im Unterschied zu FR II und auch zu MB hochsignifikant unterschiedlich. Die lange und konsequente Tragezeit der DVP-Apparatur erzielte bei den Patienten die am deutlichsten ausgeprägten skelettalen Veränderungen. In der Gruppe FMA zeigt der Mittelwert klinisch eine bedeutsame Größenzunahme der Mandibula.

Die Betrachtung des Winkels Ar-tGo-Me zeigt für alle vier Gruppen ähnliche Werte zu Beginn der Behandlung, die dem Mittelwert von $121,8^\circ$ nahe liegen (Segner & Hasund, 1998). Der Winkel beschreibt das Verhältnis des Ramus mandibulae zum Corpus mandibulae und bestimmt damit die Form des Unterkiefers. Die mittlere Abweichung für diesen Winkel zeigt eine sehr große Spanne von $101,4^\circ$ bis $144,5^\circ$. Der Ar-tGo-Me-Winkel wird mit dem Erfolg einer kieferorthopädischen Behandlung der Klasse II in Verbindung gebracht. Es wurde in Studien nachgewiesen, dass die Stimulation des Unterkiefer-Längenwachstums bei Patienten mit einem großen Winkel erschwert ist (Perinetti et al., 2015; Franchi et al., 2016). Der Kieferwinkel ist vom Wachstum des Condylus abhängig. Bei posterior orientiertem Wachstum des Condylus wird der Kieferwinkel größer. Dadurch kommt es zu einem vertikalen Wachstum mit einer posterioren Rotationsneigung (Segner & Hasund, 1998). Franchi beschreibt 2016, dass sich unter einer funktionskieferorthopädischen Behandlung eine signifikante Längenänderung der Mandibula mit einer vorwärts-aufwärts Bewegung des Punktes Condylon bei

gleichzeitiger Vergrößerung des Kieferwinkels ergibt (Franchi et al., 2016). Die Ergebnisse für den Winkel Ar-tGo-Me der hier vorliegenden Studie bestätigen die Ergebnisse von Franchi in allen vier Behandlungsgruppen. Es konnte eine Zunahme des Winkels festgestellt werden. Die Unterschiede zwischen den Gruppen wie auch zwischen den Geschlechtern waren nicht signifikant.

5.3.4 Kephalometrische Untersuchungen der dentalen Veränderungen

Veränderungen der dentalen Winkel spiegeln Protrusions- oder Retrusionsbewegungen wieder. Der Interinzisalwinkel ergibt sich aus den beiden Zahnachsen und trägt zur Stabilisation in der Vertikalen bei. Zusätzlich spielt er eine ästhetische Rolle. Dieser Winkel ist individuell und unterliegt einer großen Streuung. So variieren die therapeutischen Zielvorgaben verschiedener Schulen zwischen 127° nach Rickets und 132° nach der Straight-Arch-Technik (Sander et al., 2011). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen ebenfalls eine große Streuung der Werte des Interinzisalwinkels.

Als Einschlusskriterium war eine sagittale Frontzahnstufe von ≥ 5 mm bei Erstvorstellung gefordert. Bei wenigen Patienten der Gruppen FMA (2 Patienten) und MB (5 Patienten) stellte sich die Stufe auf dem FRS t0 kleiner dar. Gründe dafür waren eine bereits erfolgte Frühbehandlung und das Abstellen von Habits und Dyskinesien, sowie der Fortschritt der Behandlung im Rahmen der Multibracket-Apparatur. Das Einhängen der Gummizüge erfolgt erst nach ausreichender Nivellierung und nach Wechsel auf ausreichend stabile Bögen. Daher können auch hier erste dentale Korrekturen vorgenommen worden, welche eine vergrößerte sagittale Frontzahnstufe reduzieren.

Die Retrusionsbewegungen der Oberkieferfrontzähne zeigten sich bei den Gruppen aus der Frühbehandlung (DVP und FR II) am deutlichsten, aber auch bei den Patienten der MB Gruppe waren sie erkennbar. Einen positiven Wert (Protrusionsbewegung) nehmen die Ergebnisse der Gruppe FMA an. Dies ist durch wenige aber deutliche Ausreißer erklärbar. Hier findet sich auch die größte Streuung der Standardabweichung. Is/OLp minus li/OLp misst die Abstände zwischen den Schneidekanten der beiden Inzisiven. Die in der Studie erhobenen Veränderungen ergeben insgesamt eine ähnliche Tendenz wie die Winkeländerungen von OK1/NL (Winkel verringert, Retrusion) und UK1/ML (Winkel vergrößert, Protrusion) aus der Analyse „Homburg `02“. Durch welche Art von Zahnbewegung die ermittelten Veränderungen der Frontzahn-

stufe zustande gekommen sind, sagen die Werte Is/OLp minus li/OLp nicht aus. Sowohl skelettale als auch dentale Effekte können das Ergebnis beeinflussen. Die sagittale Frontzahnstufe kann sich durch eine rein skelettale Vorverlagerung des Unterkiefers bzw. Wachstumsvorgänge des Unterkiefers verringern, ohne eine Änderung der Frontzahnstellung zur Kieferbasis. Selbiges gilt für die Molarenrelation (Ms/OLp minus Mi/OLp). Ein entsprechender Wert findet sich bei „Homburg `02“ nicht.

Die Molarenrelation und auch die Frontzahnstufe werden an der Universitätsklinikum des Saarlandes im Rahmen der Diagnostik klinisch und an Modellen beurteilt und dokumentiert. Beide Werte, Is/OLp minus li/OLp und Ms/OLp minus Mi/OLp , sind in der SO-Analyse einzigartig. Die Mittelwerte der Frontzahnstufen aller Gruppen ähneln sich und sind statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Anders verhält es sich bei der Molarenrelation. Hochsignifikant unterscheiden sich DVP von FR II und FMA von MB. Höchstsignifikant ist der Unterschied zwischen FR II und FMA. Die Veränderungen lassen sich als mögliche Verbesserung der Okklusion im Sinne einer Bewegung der Mandibula und/oder des Sechsjahrmolaren nach anterior bzw. mesial interpretieren, bedeuten aber nicht die tatsächliche Einstellung einer Neutralokklusion im Sinne einer skelettalen Neutralposition der Kiefer zueinander. Große oder kleine Streckenänderungen können nicht per se als positiv oder negativ beurteilt werden und Überkorrekturen in eine Klasse III Verzahnung im posterioren Bereich können nicht ausgeschlossen werden.

Die Beurteilung der Zahnbewegungen innerhalb der Kiefer ergibt zwischen den vier Gruppen keine signifikanten Unterschiede mit Ausnahme der Zahnbewegung der oberen Schneidezähne (Is/OLp minus A/OLp). Die Mittelwerte aller vier Gruppen bewegten sich zwischen -0,68 mm (FMA) und +0,93 mm (MB). Ein negativer Wert bedeutet eine Bewegung des Zahnes nach anterior, ein positiver Wert folglich eine Posteriorbewegung. Die aufgeführten Mittelwerte der Gruppen FMA und MB sind statistisch signifikant unterschiedlich voneinander. Die Mittelwerte der Schneidezähne im Unterkiefer bewegen sich zwischen 0 mm und -1 mm, d.h. es fanden kaum Zahnbewegungen statt. Mittelwerte der Sechsjahrmolaren im Oberkiefer zeigen eine Vergrößerung des Abstandes zwischen Ms/OLp und A/OLp . Die Molaren wurden somit im Sinne einer Positionsänderung distalisiert. Klinisch ist dieser Effekt beiden Gruppen DVP und FR II am deutlichsten zu erkennen. In der DVP Gruppe kann durch eine Aktivierung von

Dreiecksklammern die Distalbewegung der Sechsjahrmolaren in der Maxilla angestrebt werden (Lisson, 2012). Zusätzlich hat das Wachstum der Maxilla und damit die Verschiebung des A-Punktes im FRS nach anterior Einfluss auf den Wert A/OLp und somit auf die Strecke Ms/OLp minus A/OLp . Überraschend ist das schlechtere Abschneiden der Gruppe FMA im Hinblick auf die Zahnbewegung des Sechsjahrmolaren innerhalb der Maxilla (Ms/OLp minus A/OLp), geht man doch von einem distalisierenden Effekt („Headgear-Effekt“) des FMA aus (Kinzinger & Diedrich, 2005). Den Erwartungen entsprechend fällt der Mittelwert der Gruppe MB mit $-0,21$ mm sehr klein aus. Gummizüge erzielen kaum Distalbewegung der Sechsjahrmolaren in der Maxilla und maxilläres Wachstum wird in dieser Kohorte ebenfalls kaum mehr erwartet (Köbel et al., 2012).

Die Betrachtung der Ergebnisse für die Positionsänderung der Unterkiefermolaren in Relation zur Kieferbasis zeigt eine Distalisierung der Unterkiefermolaren. Auffällig ist, dass die Differenzen zwischen t_0 und t_1 größer sind als in der Maxilla. Als Erklärung und gleichzeitig kritische Anmerkung zur SO-Analyse nach Pancherz ist zu erwähnen, dass im Unterkiefer zur Längenbestimmung der Mandibula das Pogonion herangezogen wird. Zahlreiche Studien, die sich mit Wachstum des Schädels beschäftigen, belegen ein lebenslanges Wachstum von Strukturen, zu denen auch das Kinn zählt (Björk & Skieller, 1983; Baltromejus et al., 2002). Kinnwachstum hat möglicherweise positive Auswirkungen auf die Ästhetik und das Profil der Patienten, steht jedoch nicht in Zusammenhang mit einem größeren Platzangebot des Alveolarfortsatzes und führt nicht zur Verbesserung der Okklusion bei Patienten mit Klasse II Dysgnathie (Nanda, RS; Ghosh, 1995).

5.4 Schlussfolgerungen

Sowohl die in dieser Studie untersuchten kieferorthopädischen Apparaturen als auch die Methode der Auswertung sind in der Kieferorthopädie lange etabliert. Die Ergebnisse der Studie bestätigen die therapeutische Wirksamkeit aller vier Behandlungsapparaturen. Es lässt sich keine Aussage darüber treffen, ob eine bestimmte Apparatur zur Behandlung der Klasse II,1 zu bevorzugen ist. Es kann aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass klinisch jede Therapie für sich oder auch in Kombination zur Verbesserung der skelettalen und dentalen Diskrepanz führen kann (z.B. Funktionsregler Typ II im Rahmen der Frühbehandlung und anschließend Multibracket-Apparatur mit Klasse II Gummizügen als Hauptbehandlung).

Einen zusätzlichen Beitrag zum Therapieerfolg spielen die sogenannten Co-Faktoren. Dazu gehören im Wesentlichen die Compliance des Patienten, die Motivation und Unterstützung aus dem Patientenumfeld (Eltern) sowie die Erfahrung und Routine des Behandlers (Ehmer, 1981; Dausch-Neumann, 1982).

Weiterführende Studien mit derselben Methode, größerer Patientenkohorte und detailliertere Einschlusskriterien (z.B. Unterscheidung verschiedener Gesichtstypen) wären wünschenswert. Von der Unterteilung der Behandlungsgruppen in geschlechterspezifische Untergruppen sollte auch in einer Folgestudie nicht abgesehen werden. Studien zum Wachstum von Jungen und Mädchen zeigen, dass es Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt. Genaue Kenntnisse darüber sind wichtig für die bestmögliche Therapieplanung.

6 Literaturverzeichnis

1. Andresen V, Häupl K (1936) Funktionskieferorthopädie. Verlag von Herman Meusser, Leipzig
2. Angle E (1908) Behandlung der Okklusionsanomalien der Zähne: Angle's System. Verlag von Hermann Meusser, Berlin
3. Angle E (1913) Die Okklusionsanomalien der Zähne. Verlag von Hermann Meusser, Berlin
4. Aumüller G, Doll A (2007) Kopf. In: Duale Reihe Anatomie. Thieme Verlag, Stuttgart, New York, Seite 942–1042
5. Baltromejus S, Ruf S, Pancherz H (2002) Effective temporomandibular joint growth and chin position changes: Activator versus Herbst treatment. A cephalometric roentgenographic study. *Eur. J. Orthod.* 24:627–637
6. Berg C (2008) Zur Änderung der Schneidezahnstellung und des Gesichtsprofils in Abhängigkeit von therapeutischen Prämolarenextraktionen bei Patienten mit Angle-Klasse II,1. Universität des Saarlandes
7. Birkenkamp A (2004) Die Sagittale-Okklusions-Analyse (SO-Analyse) bei Verwendung verschiedener Bezugslinien. Universität Gießen
8. Bishara SE (1998) Mandibular changes in persons with untreated and treated Class II Division 1 malocclusion. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 113:661–673
9. Björk A (1955) Facial growth in man, studied with the aid of metallic implants. *Acta Odontol Scand.* 13:9–34
10. Björk A, Helm S (1967) Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod.* 37:134–143
11. Björk A, Skieller V (1983) Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur. J. Orthod.* 5:1–46
12. Bock NC, von Bremen J, Ruf S (2016) Stability of Class II fixed functional appliance therapy--a systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Orthod.* 38:129–139

13. Brune A (2010) Wirkung funktionskieferorthopädischer Geräte bei der Behandlung der Angle-Klasse II/1 - eine Auswertung mit Hilfe der Rostocker Kephalometrischer Analyse und der Rostocker Tensoranalyse. Universität Rostock
14. Cheung R, Hägg U, Wong R, Liao C, Yang Y (2015) Change of Mandibular Position during Two-Phase Orthodontic Treatment of Skeletal Class II in the Chinese Population. *Sci. World J.* 2015:1–16
15. Dahlberg G (1940) Statistical methods for medical and biological students. G. Allen & Unwin Ltd., London
16. Dausch-Neumann D (1982) Die Motivation unserer kieferorthopädischen Patienten. *Fortschr. Kieferorthop.* 43:29–37
17. Eckhart J (1998) Introducing the MARA. *Clin. Impressions* 7:2–4, 24–28
18. Ehmer U (1981) Motivation zur kieferorthopädischen Behandlung aus der Sicht des Patienten und seiner Eltern in Beziehung zu objektiven Symptomen der Dysgnathie. *Fortschr. Kieferorthop.* 42:441–450
19. Ehmer U (2000) Ätiologie und Pathogenese von Dysgnathien. In: P. Diedrich (Hrsg.) Kieferorthopädie I Orofaziale Entwicklung und Diagnostik. Urban und Fischer, München, Jena, Seite 73–106
20. Enlow D (1962) A Study of the Post-Natal Growth and Remodeling of Bone. *Am. J. Anat.* 110:79–101
21. Enlow D (1968) The human face - An account of the postnatal growth and development of the craniofacial skeleton. Hoeber Medical Division, Haper and Row, New York
22. Enlow D (1982) Handbook of Facial Growth. W. B. Saunders Company, Philadelphia
23. Enlow D, Moyers R (1971) Growth and Architecture of the Face. *J Am Dent Assoc.* 82:763–774

24. Franchi L, Pavoni C, Faltin K, Bigliuzzi R, Gazzani F, Cozza P (2016) Thin-plate spline analysis of mandibular shape changes induced by functional appliances in Class II malocclusion. *J. Orofac. Orthop.* 77:325–333
25. Fränkel R (1962) Funktionskieferorthopädie vom Mundvorhof aus mit "Funktionsreglern". *Fortschr. Kieferorthop.* 23:459–480
26. Fränkel C, Fränkel R (1992) Der Funktionsregler in der orofazialen Orthopädie. Hüthig Verlag, Heidelberg
27. Frye L (2008) Therapeutische Effekte von vier verschiedenen Behandlungsmethoden bei der Korrektur von Distalbisslagen unter besonderer Berücksichtigung des Weichteilprofils. RWTH Aachen
28. Frye L, Glasl B, Ludwig B, Kinzinger G (2011) Skelettale Klasse-II-Anomalie bei Erwachsenen - therapeutische Optionen. *Zahnmedizin up2date* 5:87–107
29. Gesch D (2000) A longitudinal study on growth in untreated children with angle class II, division 1 malocclusion. *J. Orofac. Orthop.* 61:20–33
30. Hae-Young K (2013) Statistical notes for clinical researchers: Evaluation of measurement error 2: Dahlberg's error, Bland-Altman method, and Kappa coefficient. *Restor. Dent. Endod.* 38:182–185
31. Harzer W (2011) Kieferorthopaedie. Thieme Verlag, Stuttgart
32. Hourfar J, Ludwig B (2015) Intermaxilläre Klasse-II-Elastics. *Quintessenz Kieferorthopaedie* 29:89–94
33. Jacobson A (1975) The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *Am. J. Orthod.* 67:125–138
34. Jacobson A (1976) Application of the "Wits" appraisal. *Am. J. Orthod.* 70:179–189
35. Jacobson A (1988) Update on the Wits appraisal. *Angle Orthod.* 58:205–219
36. Janson G, Sathler R, Fernandes T, Branco N, DeFreitas M (2013) Correction of Class II malocclusion with Class II elastics: a systematic review. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 143:383–392

37. Kahl-Nieke B (2009) Einführung in die Kieferorthopädie: Diagnostik, Behandlungsplanung, Therapie. Deutscher Zahnärzterverlag, Köln
38. Kinzinger G, Diedrich P (2005) Skeletal effects in class II treatment with the functional mandibular advancer (FMA)? *J. Orofac. Orthop.* 66:469–490
39. Kinzinger G, Ostheimer J, Förster F, Kwandt P, Reul H, Diedrich P (2002) Development of a new fixed functional appliance for treatment of skeletal class II malocclusion. First report. *J. Orofac. Orthop.* 63:384–399
40. Kinzinger, GSM; Frye, L; Diedrich P (2009) Class II treatment in adults: comparing camouflage orthodontics, dentofacial orthopedics and orthognathic surgery--a cephalometric study to evaluate various therapeutic effects. *J. Orofac. Orthop.* 70:63–91
41. Köbel C, Fränkel C, Lux C (2012) Der Funktionsregler nach Fränkel Typ FR-3 Teil I: Grundlagen und klinisches Management. *Quintessenz Kieferorthopaedie* 26:33–43
42. Lisson J (2000) Der dentoalveoläre und skelettale Effekt der kieferorthopädischen Doppelplattenapparatur mit Vorschubschlaufen bei Dysgnathien der Angle-Klasse II , 1 während des Wechselgebisses – Eine klinische und röntgenologische Longitudinaluntersuchung. Medizinische Hochschule Hannover
43. Lisson J (2012) Einsatz von Doppelvorschubplatten (DVP) bei funktionskieferorthopädischer Behandlung Use of Jumping-the-Bite Appliances during Functional Orthodontic Treatment. *Inf Orthod Kieferorthop* 44:163–171
44. McLaughlin R, Bennett J, Trevisi H (2004) Behandlungskonzept der vorprogrammierten Apparatur. Urban und Fischer, München, Jena
45. McNamara J, Bookstein F, Shaughnessy T (1985) Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. *Am. J. Orthod.* 88:91–110
46. Miethke R (1989) Zur Lokalisationsgenauigkeit kephalometrischer Referenzpunkte. *Prakt. Kieferorthopädie* 3:107–122

47. Nanda, RS; Ghosh J (1995) Facial soft tissue harmony and growth in orthodontic treatment. *Semin Orthod.* 1:67–81
48. Nelson C, Harkness M, Herbison P (1993) Mandibular changes during functional appliance treatment. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.* 104:153–161
49. Nötzel F, Schultz C (2009) Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik : Analysen und Tabellen für die Praxis. Deutscher Zahnärzterverlag, Köln
50. Nötzel F, Schultz C, Hartung M (2007) Fernröntgenseitenbild-Analyse. Deutscher Zahnärzterverlag, Köln
51. Pancherz H (1982) The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment - A cephalometric investigation. *Am. J. Orthod.* 82:104–113
52. Pancherz H (1984) A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment. *Am. J. Orthod.* 85:125–134
53. Pancherz H, Sack B (1990) Kritische Analyse der Winkel SNA, SNB und ANB bei der Auswertung von kieferorthopädischen Behandlungen. *Fortschr. Kieferorthop.* 309–317
54. Pangioditis G, Witt E (1977) Der individualisierte ANB-Winkel. *Fortschr. Kieferorthop.* 38:408–416
55. Perinetti G, Primožic J, Franchi L, Contardo L (2015) Treatment effects of removable functional appliances in pre-pubertal and pubertal Class II patients: A systematic review and meta-analysis of controlled studies. *PLoS One* 10:1–35
56. Polur I, Peck S (2010) Orthodontic elastics: is some tightening needed? *Angle Orthod.* 80:988–989
57. Rakosi T (1979) Atlas und Anleitung zur praktischen Fernröntgenanalyse. Hanser Verlag, München
58. Richtlinien des Bundesausschusses für die kieferorthopädische Behandlung Frühbehandlung: Abschnitt B, 8c

59. Riolo M, Moyers R, McNamara J (1974) An atlas of craniofacial growth. (Craniofacial Growth Series, Monograph Number 2). Ann Arbor: Center for Human Growth and Development, The University of Michigan
60. Rohen J, Yokochi C, Lütjen-Drecoll E (2006) Anatomie des Menschen, Fotografischer Atlas der systematischen und topografischen Anatomie. Schattauer Verlag, Stuttgart
61. Roux W (1895) Geschichtliche Abhandlung über die Entwicklungsmechanik.
62. Sander F (1989) Der Trageeffekt bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte. Vorläufiger Bericht. *Prakt. Kieferorthopädie* 3:25–32
63. Sander FG (1995) Herausnehmbare kieferorthopädische Geräte. In: D. Drescher (Hrsg.) Praxis der Zahnheilkunde 11, Kieferorthopädie I. Urban und Fischer, München, Seite 131–220
64. Sander F, Wichelhaus A (1995) Skelettale und dentale Veränderungen bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte. *Fortschr. Kieferorthop.* 56:127–139
65. Sander F, Schwenzler N, Ehrenfeld M (2011) Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde Kieferorthopädie. Thieme Verlag, Stuttgart, New York
66. Segner D, Hasund A (1998) Individualisierte Kephalemetrie. Dr D Segner Verlag, Hamburg
67. Spalding P (2001) Treatment of Class II Malocclusions. In: S.E. Bishara (Hrsg.) Textbook of Orthodontics. W. B. Saunders Seite 324–374
68. Stapf-Fiedler E (1981) Ist die WITs-Beurteilung der sagittalen Kieferrelation nach A. Jacobson ein brauchbares diagnostisches Hilfsmittel? *Fortschr. Kieferorthop.* 42:64–70
69. Tammoscheit U (1971) Zur Ätiologie und Pathogenese der so genannten Angle Klasse II/1. 1. Habil-Schrift, Berlin
70. Tammoscheit U (1976) Klinisch genetische Untersuchung zur so genannten Angle Klasse II/1. *Fortschr. Kieferorthop.* 37:119–128
71. Tammoscheit U, Rassl R (1979) Sippenuntersuchung zur Genetik der Angle Klasse II/1. *Fortschr. Kieferorthop.* 40:515–519

72. Tränkmann J (1985) Die Plattenapparatur in der Kieferorthopädie. Quintessenz Verlag, Berlin
73. Tränkmann J (1993) Die Leistungsfähigkeit modifizierter Plattenapparaturen. *Prakt. Kieferorthopädie* 9–22
74. Tränkmann J (2000) Behandlung mit Plattenapparaturen. In: P. Diedrich (Hrsg.) Praxis der Zahnheilkunde, Band 12: Kieferorthopädie II. Therapie. Urban und Fischer, München, Jena, Seite 135–156
75. Watted N (2013) Strategie zur Behandlung der Klasse II-Dysgnathien, Teil I. *Face* 4:40–45
76. Weyrich C, Lisson J (2009) The effect of premolar extractions on incisor position and soft tissue profile in patients with Class II, Division 1 malocclusion. *J. Orofac. Orthop.* 70:128–138
77. Wichelhaus A (2013) Kieferorthopaedie - Therapie Band 1 Grundlegende Behandlungskonzepte. Thieme Verlag, Stuttgart
78. Wolff J (1892) Das Gesetz der Transformation von Knochen. Verlag von August Hirschwald, Berlin
79. Zymperdikas VF, Koretsi V, Papageorgiou SN, Papadopoulos MA (2016) Treatment effects of fixed functional appliances in patients with Class II malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Eur. J. Orthod.* 38:113–126

7 Publikation

Die Studienergebnisse dieser Arbeit wurden im Abstractband und als freies Poster (P 95) im Rahmen der 89. Jahrestagung der DGKFO Hannover 2016 präsentiert.

Pia Kling, Constanze Mayer, Jörg Lisson (2016): **Skelettale und dentoalveoläre Veränderungen bei Therapie der Klasse II,1 mit unterschiedlichen Behandlungsapparaturen.**

8 Dank

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Professor Dr. Jörg Lisson für die Überlassung dieses Themas, für seine stets freundliche Betreuung und Unterstützung und für die immer zeitnahe Beantwortung aller offenen Fragen.

Professor Dr. Gero Kinzinger danke ich für die freundliche Überlassung von Röntgenaufnahmen aus seiner Praxis.

Bei Dr. Rolf Kühnert und seiner Mitarbeiterin Antje Leichsenring möchte ich mich sehr für ihre Hilfe bei der Umsetzung der computergestützten Methode dieser Arbeit bedanken.

Ich danke Professor Dr. Stefan Wagenpfeil und Jakob Schöpe, M.Sc. für deren geduldige Beratung bei der Erstellung der statistischen Ergebnisse.

Und schließlich bedanke ich mich bei meiner Betreuerin Dr. Constanze Mayer und bei Michael Ortlechner für ihre unermüdliche und liebevolle Mithilfe während der gesamten Arbeit.

9 Anhang

9.1 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ANOVA	Varianzanalyse, englisch: analysis of variance
d	Differenz
d.h.	das heißt
DVP	Doppel-Vorschub-Platte
FMA	Functional-Mandibular-Advancer
FR II	Funktionsregler Typ II
FRS	Fernröntgenseitenaufnahme
GNE	Gaumen-Naht-Erweiterung
m	männlich
MARA	Mandibular Anterior Repositioning Appliance
MB II	Multibracket-Apparatur mit Klasse-II-Gummizügen
ML	Mandibular-Linie
MW	Mittelwert
NL	Nasal-Linie
n.s.	nicht signifikant
NSL	Nasion-Sella-Linie
OLp	Okklusionslinie-Perpendiculare
OK	Oberkiefer

OP	Operation
p	p-Wert, Signifikanzwert
PB	Prämolarenbreite
s.	siehe
SD	Standarddifferenz
SO-Analyse	Sagittale-Okklusions-Analyse
t	Zeit
Tab.	Tabelle
UK	Unterkiefer
w	weiblich
z.B.	zum Beispiel

9.2 Tabellen

Tab. 9.1: Übersicht Explorative Statistik, alle vier Behandlungsgruppen gesamt

	DVP (1)		FR II (2)		FMA (3)		MB (4)		Kruskal-Wallis	(1) u. (2)		(1) u. (3)		(1) u. (4)		(2) u. (3)		(2) u. (4)		(3) u. (4)	
	Med	IQR	Med	IQR	Med	IQR	Med	IQR		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
t ₀	10,40	1,00	11,60	2,30	12,05	2,20	14,11	2,00	<0,001 ***	0,780 n.s.	0,006 **	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	0,780 n.s.	<0,001 ***	<0,001 ***	0,003 **	
t ₁	15,30	2,20	12,10	2,30	13,40	1,80	15,06	2,30	<0,001 ***	<0,001 ***	0,001 **	<0,001 ***	0,001 **	<0,001 ***	1,000 n.s.	0,186 n.s.	0,186 n.s.	<0,001 ***	0,024 *		
Behandlungsdauer	5,00	1,85	0,98	0,73	1,41	0,50	1,07	0,57	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	<0,001 ***	0,186 n.s.	0,186 n.s.	1,000 n.s.	0,318 n.s.		
Ar-tGo-Me t ₀	121,79	12,18	124,10	7,20	121,14	122,70	119,29	11,30	0,713 n.s.												
Ar-tGo-Me delta t	2,30	2,78	0,90	3,20	2,10	5,30	0,90	4,70	0,202 n.s.												
SNA t ₀	81,65	4,75	81,80	4,25	80,10	4,50	79,90	3,85	0,368 n.s.												
SNA delta t	1,30	3,90	0,70	1,40	1,30	3,80	0,45	2,17	0,410 n.s.												
SNB t ₀	75,35	4,40	76,60	3,25	75,10	3,80	75,70	3,98	0,662 n.s.												
SNB delta t	-0,70	3,53	-0,60	1,15	-0,20	2,90	0,05	2,38	0,660 n.s.												
ANB t ₀	6,00	1,45	5,50	2,65	5,10	2,10	4,05	2,88	0,013 *	1,000 n.s.	0,606 n.s.	0,018 *	1,000 n.s.	0,084 n.s.	0,084 n.s.	1,000 n.s.	0,084 n.s.	0,084 n.s.	0,516 n.s.		
ANB delta t	2,15	1,77	0,90	1,15	1,50	2,10	0,60	0,90	0,003 **	0,084 n.s.	1,000 n.s.	0,006 **	1,000 n.s.	0,246 n.s.	0,246 n.s.	1,000 n.s.	0,246 n.s.	0,246 n.s.	0,108 n.s.		
Wits-Wert t ₀	2,10	2,15	3,10	2,40	3,20	3,50	2,15	2,82	0,117 n.s.												
Wits-Wert delta t	1,60	1,28	1,40	1,60	2,60	2,60	0,60	2,58	0,022 *	1,000 n.s.	0,324 n.s.	0,762 n.s.	0,762 n.s.	0,762 n.s.	0,762 n.s.	0,762 n.s.	0,762 n.s.	0,528 n.s.	0,024 *		
OK1-NL delta t	2,20	8,88	3,00	6,45	-0,90	5,50	3,55	7,15	0,229 n.s.												
UK1-ML delta t	-1,85	10,07	-0,30	5,90	-4,60	6,80	-3,05	5,87	0,167 n.s.												
Il delta t	-2,40	10,95	-0,60	11,15	6,20	13,60	0,60	10,47	0,066 n.s.												
Is/OLp minus Ii/OLp delta t	1,90	3,00	2,20	3,75	2,70	2,50	2,15	2,10	0,619 n.s.												
Ms/OLp minus Mi/OLp delta t	2,70	1,78	1,40	2,10	4,10	2,50	1,50	3,08	<0,001 ***	0,006 **	1,000 n.s.	0,132 n.s.	1,000 n.s.	0,132 n.s.	<0,001 ***	<0,001 ***	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,006 **		
A/OLp delta t	-2,90	3,50	-1,10	1,75	-1,90	2,70	-1,55	2,85	0,019 *	0,018 *	1,000 n.s.	0,300 n.s.	1,000 n.s.	0,300 n.s.	0,498 n.s.	0,498 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.		
Pog/OLp delta t	-6,20	5,07	-2,60	3,90	-3,90	3,60	-2,30	5,07	0,006 **	0,018 *	1,000 n.s.	0,024 *	1,000 n.s.	0,024 *	0,444 n.s.	0,444 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,390 n.s.		
Cd/OLp delta t	-1,85	2,55	-0,60	1,95	-0,60	3,70	0,05	1,63	0,026 *	0,132 n.s.	0,210 n.s.	0,030 *	0,030 *	0,030 *	1,000 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.		
Pog/OLp plus Cd/OLp delta t	-7,95	6,07	-3,10	3,10	-6,10	6,40	-2,85	5,15	<0,001 ***	0,002 **	1,000 n.s.	0,504 n.s.	0,001 **	0,001 **	0,204 n.s.	0,204 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,240 n.s.		
Is/OLp delta t	-3,65	2,37	-0,90	3,35	-2,80	2,60	-0,05	4,17	0,001 ***	0,006 **	1,000 n.s.	0,018 *	0,018 *	0,018 *	0,036 *	0,036 *	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,102 n.s.		
Ii/OLp delta t	-5,55	3,25	-2,70	3,20	-4,60	4,40	-3,20	3,75	<0,001 ***	0,006 **	1,000 n.s.	0,006 **	0,006 **	0,006 **	0,012 *	0,012 *	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,054 n.s.		
Ms/OLp delta t	-3,85	8,12	-1,30	4,25	-1,90	4,20	-2,35	3,58	0,219 n.s.												
Mi/OLp delta t	-7,85	5,48	-2,40	3,30	-5,40	3,90	-2,90	4,85	<0,001 ***	0,001 **	1,000 n.s.	0,006 **	0,006 **	0,006 **	0,006 **	0,006 **	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,120 n.s.		
Is/OLp minus A/OLp delta t	0,00	2,83	0,30	1,95	-0,60	2,10	0,75	2,45	0,050 *	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,678 n.s.	1,000 n.s.	0,678 n.s.	0,702 n.s.	0,702 n.s.	1,000 n.s.	1,000 n.s.	0,024 *		
Ii/OLp minus Pog/OLp delta t	-0,10	3,07	-0,40	2,25	-1,10	2,10	-1,10	1,87	0,310 n.s.												
Ms/OLp minus A/OLp delta t	-1,20	3,98	-1,20	2,95	-0,60	2,20	0,20	2,42	0,510 n.s.												
Mi/OLp minus Pog/OLp delta t	-2,00	1,98	-0,10	3,00	-1,70	1,80	-0,90	2,40	0,060 n.s.												