

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie der
Ludwig-Maximilians-Universität
München

Direktorin: Prof. Dr. Andrea Wichelhaus

Skelettale und dentale Effekte der Sander-II-Apparatur:
eine kephalometrische Studie

Dissertation

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

vorgelegt von
Christof Maximilian Haas

aus
Ellwangen/Jagst

2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

| | |
|---|---|
| Berichterstatter: | Prof. Dr. med. dent. Andrea Wichelhaus |
| Mitberichterstatter: | Prof. Dr. Daniel Edelhoff Prof. Dr. Christoph Benz PD Dr. Dr. Sven Otto |
| Mitbetreut durch die promovier- ten Mitarbeiter: | Dr. med. dent. Fladimir Tarabain Dr. rer. nat. Uwe Baumert, Dipl.-Biol. |
| Dekan: | Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel |
| Tag der mündlichen Prüfung: | 27.02.2018 |

Eidesstattliche Versicherung

Haas, Christof Maximilian

Name, Vorname

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Skelettale und dentale Effekte der Sander-II-Apparatur: eine kephalometrische Studie

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

Ellwangen, 05.03.2018

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand

Meiner Oma Malla

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Einleitung..... | 1 |
| 1.1 | Definition von Eugnathie und Dysgnathie..... | 1 |
| 1.2 | Einteilung sagittaler Anomalien und Dysgnathien..... | 1 |
| 1.3 | Die Angle-Klasse II/1..... | 2 |
| 1.4 | Therapiemöglichkeiten der Klasse II/1..... | 2 |
| 2 | Literaturübersicht..... | 4 |
| 2.1 | Funktionskieferorthopädie..... | 4 |
| 2.1.1 | Geschichte..... | 4 |
| 2.1.2 | Wirkungsweise..... | 4 |
| 2.2 | Vorschubdoppelplatten..... | 5 |
| 2.2.1 | Systeme..... | 5 |
| 2.2.1.1 | Vorbiss-Doppelplatte nach A.M. Schwarz..... | 5 |
| 2.2.1.2 | Doppelplatte mit Oberkiefer-Spornführung nach Müller..... | 5 |
| 2.2.1.3 | Doppel-Vorschubplatte nach Tränkmann..... | 6 |
| 2.2.1.4 | Twin Block nach Clark..... | 6 |
| 2.2.1.5 | Sander-II-Apparatur..... | 6 |
| 2.2.2 | Vorteile der Sander-II-Apparatur gegenüber anderen FKO-Geräten.. | 8 |
| 2.3 | Ziele der Studie..... | 9 |
| 3 | Patienten und Methoden..... | 10 |
| 3.1 | Patienten..... | 10 |
| 3.2 | Methoden..... | 14 |
| 3.2.1 | Referenzpunkte der FRS-Analyse..... | 15 |
| 3.2.2 | Referenzlinien der FRS-Analyse..... | 17 |
| 3.2.3 | Definition der Strecken, Winkel und Verhältnisse..... | 19 |
| 3.2.3.1 | Variablen der sagittalen Kieferrelation..... | 19 |
| 3.2.3.2 | Variablen der vertikalen Kieferrelation..... | 21 |
| 3.2.3.3 | Variablen der dentalen Lage und Inklination..... | 23 |
| 3.2.4 | Statistische Auswertung..... | 25 |
| 4 | Ergebnisse..... | 27 |
| 4.1 | Sagittale Kieferrelation..... | 27 |
| 4.2 | Vertikale Kieferrelation..... | 34 |
| 4.3 | Dentale Lage und Inklination..... | 41 |
| 5 | Diskussion..... | 52 |
| 5.1 | Patienten..... | 52 |
| 5.2 | Methoden..... | 52 |
| 5.3 | Ergebnisse..... | 54 |
| 5.3.1 | Vergleichsstudien..... | 54 |
| 5.3.2 | Sagittale Kieferrelation..... | 57 |
| 5.3.2.1 | Eigene Ergebnisse..... | 57 |
| 5.3.2.2 | Ergebnisse anderer Vorschubdoppelplatten-Studien..... | 57 |
| 5.3.2.3 | Ergebnisse von Studien mit anderen Geräten..... | 59 |
| 5.3.3 | Vertikale Kieferrelation..... | 61 |
| 5.3.3.1 | Eigene Ergebnisse..... | 61 |
| 5.3.3.2 | Ergebnisse anderer Vorschubdoppelplatten-Studien..... | 62 |
| 5.3.3.3 | Ergebnisse von Studien mit anderen Geräten..... | 64 |
| 5.3.4 | Dentale Lage und Inklination..... | 66 |
| 5.3.4.1 | Eigene Ergebnisse..... | 66 |
| 5.3.4.2 | Ergebnisse anderer Vorschubdoppelplatten-Studien..... | 67 |
| 5.3.4.3 | Ergebnisse von Studien mit anderen Geräten..... | 68 |

| | | |
|----|-----------------------------|----|
| 6 | Zusammenfassung | 70 |
| 7 | Ausblick | 72 |
| 8 | Literaturverzeichnis..... | 73 |
| 9 | Abkürzungsverzeichnis | 77 |
| 10 | Anhang | 79 |
| 11 | Danksagung | 92 |

1 Einleitung

1.1 Definition von Eugnathie und Dysgnathie

Eugnathie bezeichnet eine harmonische Beziehung von Form und Funktion der Kiefer sowie eine physiologische Okklusion. Als Dysgnathie werden sämtliche Abweichungen von diesem anzustrebenden morphologischen und funktionellen Optimum bezeichnet (Harzer 2011).

1.2 Einteilung sagittaler Anomalien und Dysgnathien

Edward Angle (1855–1930) betonte früh die zentrale Bedeutung einer harmonischen Okklusion für den Kauapparat und entwarf 1899 eine bis heute gebräuchliche Systematik, Dysgnathien in der Sagittalen zu beschreiben (Angle 1899). Seine Einteilung bezieht sich zunächst nur auf die dentale Situation und ist somit zur Beschreibung einer rein skelettalen Anomalie unzulänglich. Als Anhaltspunkte seiner Dysgnathiebeschreibung nennt Angle (1899) die Sechsjahrmolaren und die Eckzähne. Er begründet diese Auswahl damit, dass den ersten Molaren die geringsten Hindernisse während der Eruption entgegenstünden und sich die Eckzähne aufgrund ihrer Größe und ihres evolutionären Hintergrundes mit großer Wahrscheinlichkeit an ihren physiologischen Platz einreihen (Angle 1899).

- Angle-Klasse I: Neutralokklusion. Die Eckzahnspitze des oberen Caninus zeigt in den Interdentalraum zwischen Eckzahn und erstem Prämolaren des Unterkiefers. Der mesiobukkale Höcker des ersten oberen Molaren zeigt in die auslaufende mesiobukkale Fissur des unteren ersten Molaren.
- Angle Klasse II: Die Unterkieferzähne okkludieren distal der Neutralokklusion. Es wird unterschieden zwischen einer Klasse II/1, die sich durch eine vergrößerte sagittale Frontzahnstufe auszeichnet und einer Klasse II/2, bei der die Front steil steht.
- Angle Klasse III: Die Unterkieferzähne okkludieren mesial der Neutralokklusion.

Der Schweregrad einer Anomalie wird in Prämolarenbreiten angegeben. Eine Höcker-Höcker-Relation bezeichnet eine Abweichung von einer halben Prämolarenbreite während bei einer Höcker-Fossa-Verzahnung die Okklusion um eine ganze Prämolarenbreite verschoben ist (Sander 2011).

Um die skelettale Klasse zu bestimmen, ist zusätzlich eine FRS-Analyse nötig. Dazu werden Maxilla und Mandibula über verschiedene Winkel- und Streckenmessungen in Beziehung gesetzt. Die Winkel SNA, SNB, ANB (Sander 2011) sowie die Strecken Pog_OLp und AA_Herbst (Pancherz 1982) dienen hierbei der sagittalen Dysgnathiebestimmung.

1.3 Die Angle-Klasse II/1

Sowohl skelettale als auch dentoalveoläre Veränderungen bestimmen das klinische Bild der Angle-Klasse II/1.

Skelettal sind folgende Abweichungen zu finden (Wichelhaus 2013):

- Prognathie des Oberkiefers;
- Retrognathie des Unterkiefers;
- Kombination beider skelettaler Abweichungen.

Zusätzlich sind morphologische Abweichungen wie die Makrognathie des Oberkiefers oder die Mikrognathie des Unterkiefers möglich (Miethke 2000).

Dentale Abweichungen lassen sich wie folgt einteilen (Wichelhaus 2013):

- dentale Protrusion im Oberkiefer;
- dentale Retrusion im Unterkiefer;
- Kombination von beidem.

Seit den Untersuchungen von Kösters (1929) ist bekannt, dass neben exogenen Ursachen für die Angle-Klasse II auch endogene (genetische) Faktoren eine Rolle spielen. Ein multifaktorielles Geschehen mit additiver Polygenie wird diskutiert (Tammoscheit 1976; Tammoscheit und Rassl 1979).

Nach Wichelhaus (2013) sind als exogene Faktoren zu nennen:

- Habits: Lutschen, Beruhigungssauger, Unterlippensaugen, habituelle Mundatmung, Lippenbeißen, Nägelbeißen;
- Wachstumsstörungen des Unterkiefers durch Gelenkfortsatzfrakturen oder Infektionen: Osteomyelitis, Rheuma;
- Distaler Zwangsbiss durch Oberkieferschmalkiefer;
- HNO-Befunde: Allergien, Sinusitiden, Septumdeviationen, verlegte Nasenatmungen;
- ungünstiger Einfluss der Muskulatur des orofazialen Systems (Sander 1988).

Mit einer Prävalenzrate von 30-40 % gehört die Angle-Klasse II zu den häufigsten Dysgnathien (Schopf 2008c).

1.4 Therapiemöglichkeiten der Klasse II/1

Die Therapiemöglichkeiten müssen abhängig vom Alter des Patienten und seiner morphologischen Situation abgewogen werden.

Nach Wichelhaus (2013) sind, abhängig vom Alter und individuellen Wachstumsmuster, folgende therapeutische Maßnahmen möglich:

Milchgebiss und frühes Wechselgebiss

- Habits sollten abgestellt werden.
- Bei dorsalem Zwangsbiss aufgrund einer Oberkieferkompression sollte dieser gedehnt bzw. die Gaumennaht erweitert werden.

Spätes Wechselgebiss

- Bei dentaler Klasse II/1 und neutralem oder horizontalem Wachstumsmuster kann im Oberkiefer bis zu einer Prämolarenbreite distalisiert werden.
- Bei dentaler Klasse II/1 und vertikalem Wachstumsmuster sind die Distalisationsmöglichkeiten begrenzt. In vielen Fällen ist eine Prämolarenextraktion im Oberkiefer nötig.
- Bei skelettaler Klasse II/1 und neutralem oder horizontalem Wachstumsmuster ist eine funktionskieferorthopädische Therapie angezeigt. Bei ausgeprägter skelettaler Klasse II/1 ist eine Kombination mit einem Low-Pull-Headgear möglich.
- Bei skelettaler Klasse II/1 und vertikalem Wachstumsmuster sollte die funktionskieferorthopädische Therapie mit einer Sander-II-Apparatur in Kombination mit einem High-Pull-Headgear durchgeführt werden.

Permanentes Gebiss

- Bei dentaler Klasse II/1 sollte eine Therapie mit Distalisation im Oberkiefer mit asymmetrischem Headgear oder Mikroschrauben und anschließender orthodontischer Apparatur oder Kombination mit SUS oder Harmonizer durchgeführt werden.
- Bei moderater skelettaler Klasse II/1 kann die Behandlung mit der Herbst-Apparatur erfolgen. Eine Kompensation über eine Extraktionstherapie ist nur ausgewählt anzuwenden.

Erwachsene

- Bei dentaler Klasse II/1 sind die Distalisation mittels asymmetrischem Headgear oder Mikroschrauben und die orthodontische Therapie möglich.
- Bei skelettaler Ursache ist ein kieferorthopädisch-kieferchirurgisches Vorgehen und bei schwachem Ausprägungsgrad eine Kompensationsbehandlung möglich.

2 Literaturübersicht

2.1 Funktionskieferorthopädie

2.1.1 Geschichte

Als Grundstein der Entwicklung der Funktionskieferorthopädie stand die Erkenntnis von Roux, dass funktionelle Reize gewebebildend, gewebeformend, gewebeumformend und formerhaltend sind (Schopf 2008a).

Als erster versuchte Kingsley 1879 eine Klasse II zu therapieren. Dazu nutzte er eine Oberkieferplatte mit einer schrägen Ebene in der Front. Er prägte auch den Begriff „Jumping-the-Bite“. Damit war die Notwendigkeit gemeint eine Prämolarenbreite zu überspringen um von einer Distalverzahnung in eine Neutralverzahnung zu kommen (Sander und Sander 2011).

Robin stellte 1902 den Monobloc vor, der dem späteren Aktivator sehr ähnlich war. Dieser wurde bei Kindern mit dem Pierre-Robin-Syndrom eingesetzt und sollte Mikrogenie und Glossoptose durch Vorverlagerung entgegenwirken.

Das Gerät, das die Funktionskieferorthopädie begründete war der Aktivator, den Andresen und Häußler 1935 einführten (Sander und Sander 2011).

In den darauffolgenden Jahren kam es zu zahlreichen Weiterentwicklungen wie dem Bionator nach Balters und der Funktionsregler nach Fränkel. Die Doppelplatten, zu denen auch die Sander-II-Apparatur gehört, sind, anders als vorherige Geräte, zweiteilig.

Nachdem anfangs die Therapie der Distalbisslage das primäre Behandlungsziel der Funktionskieferorthopädie war, nutzte man sie später auch um andere Dysgnathieformen zu behandeln.

Zusätzlich nutzte man auch bald extraorale Kräfte um die Effektivität der funktionskieferorthopädischen Geräte zu steigern. Dazu gehören unter anderem auch die Sander II-High-Pull- und Low-Pull-Headgearkombinationen (Sander und Sander 2011; Wichelhaus 1993a, 1993c, 1993e, 1993g).

2.1.2 Wirkungsweise

Allen funktionskieferorthopädischen Geräten ist gemeinsam, dass sie den Unterkiefer aus seiner sagittalen und/oder vertikalen Lage bringen. Bei einer Distalbisslage führt dies zu folgenden Effekten: der Muskeltonus der Protraktoren und Levatoren wird stimuliert und die Retraktoren relaxiert (Graber und Vanarsdall 1999). Durch die Protrusion der

Mandibula werden die dynamischen Gleichgewichte der Zungen-, Wangen- und Lippenmuskulatur neu eingestellt (Sander und Sander 2011). So ändert sich auch das dynamische Kraftfeld der Zähne. Es wird also das komplette Funktionsmuster umgestellt. Die ausgelösten Reize führen zum Umbau im Parodontium, dem Alveolarknochen, den Suturen, dem aufsteigenden Unterkieferast und dem Kiefergelenk. Ziel der Therapie ist ein neues funktionelles Gleichgewicht der orofazialen Muskulatur. Die funktionellen Behandlungsmöglichkeiten lassen sich über allodynamische Komponenten, also Fremdkräfte, die durch Schrauben, Federn und Gummis erzeugt werden, ergänzen (Schopf 2008a).

2.2 Vorschubdoppelplatten

Die Vorschubdoppelplatte ist ein funktionskieferorthopädisches Gerät. Sie zeichnet sich dadurch aus, dass der Vorschub des Unterkiefers über eine schiefe Ebene provoziert wird, die zwischen zwei an die Kiefer befestigten Platten liegt (Clark 1988; Müller 1962; Sander 1988; Schwarz 1951; Tränkmann 1985).

2.2.1 Systeme

2.2.1.1 Vorbiss-Doppelplatte nach A.M. Schwarz

Die Doppelplattensysteme begründen sich auf den Arbeiten von A.M. Schwarz. Durch horizontale Teilung des Aktivators wurde eine schiefe Ebene erzeugt. Zunächst nur als Notbehelf im Falle eines Versagens herkömmlicher Geräte gedacht, beschrieb er 1951 seine drei Formen der Vorbiss-Doppelplatte (Schwarz 1951).

- Das klassische Gerät zeigt den durchtrennten Aktivator. Dabei gleitet der Unterkiefer beim Kieferschluss entlang einer schiefen Ebene des Oberkiefers.
- Die erste Modifikation enthält neben Transversalschrauben in beiden Platten eine längere schiefe Ebene im Oberkiefer.
- Die zweite Modifikation ersetzt die schiefe Ebene der Oberkieferplatte durch zwei Drahtbügel. Diese haben den Vorteil der Nachaktivierbarkeit.

2.2.1.2 Doppelplatte mit Oberkiefer-Spornführung nach Müller

Nachdem A. M. Schwarz selbst zeitweise versuchte die schiefen Ebenen der Kunststoffplatten lateral anzubringen, stellte Müller (1962) eine Apparatur vor, die Metallstege im lateralen Mundraum zum Vorschub nutzte. Er wollte damit auf die Einengung des Zungenraums durch andere Apparaturen reagieren. Das Plattendesign schränkte jedoch die Lateralbewegungen weitestgehend ein. Zudem ergab sich eine erhöhte Reparaturanfälligkeit durch häufige Brüche im Bereich der Stege (Sander und Sander 2011).

2.2.1.3 Doppel-Vorschubplatte nach Tränkmann

Bei dieser Plattenapparatur, die der zweiten Modifikation nach A. M. Schwarz nachempfunden ist, werden zwei breite Vorschubschlaufen genutzt, um auf einer schiefen Ebene der Unterkieferplatte für einen Vorschub zu sorgen. Die Stege selbst stehen in einem Winkel von 70-80° zur Okklusalebene und sind, wie auch bei der Platte nach A. M. Schwarz, handgebogen (Sander und Sander 2011; Tränkmann 1985).

2.2.1.4 Twin Block nach Clark

Clark (1988) stellte 1988 den Twin Block vor. Bei diesem Gerät werden die schiefen Ebenen über aneinander angepasste „Blöcke“ zwischen den Zahnreihen erreicht. Clark rät, die Apparatur den ganzen Tag zu tragen – auch während des Essens. Während durch die fehlenden Stege im Zungenraum ein erhöhter Tragekomfort erreicht wird, stellt die fehlende Verwendbarkeit zusätzlicher mechanischer Teile einen Nachteil dar.

2.2.1.5 Sander-II-Apparatur

Ebenfalls 1988 stellte Sander die Sander-II-Apparatur (Abbildung 2.1) vor (Sander 1988). Die Oberkieferplatte besitzt eine Dehnschraube, auf die zwei konfektionierte 16mm lange Führungsstege aufgelasert wurden. Hierdurch wird erreicht, dass auch bei größerer Mundöffnung der Unterkiefer nach ventral verlagert wird. Auf der Unterkieferplatte befindet sich die entsprechende schiefe Ebene, auf der die Stege entlanggleiten sollen. Im Normalfall sind Stege und schiefe Ebene in einem Winkel von 60° zur Oberkiefergrunde Ebene eingestellt. Mit dieser Apparatur ist aber auch eine Beeinflussung der Inklination des Oberkiefers möglich. Eine Abänderung dieses Winkels um $\pm 5^\circ$ beeinflusst die Oberkiefergrunde Ebene im Sinne einer Retro- bzw. Anteinklination (Sander und Weinreich 1991).

Sander unterscheidet bei der Beschreibung der Wirkungsweise seines Geräts zwischen einem Tag- und einem Nachteffekt. Dabei dient das Tragen während des Tages der neuromuskulären Gewöhnung an die Sander-II-Apparatur (Sander 1989a, 2001d). Insbesondere beim Sprechen wird eine unbewusste Abstandshaltung der Unterkieferplatte von den Stegen des Oberkiefers durch einen Vorschub der Mandibula erreicht. Die „programmierte“ Muskulatur ist verantwortlich für eine „Erinnerungsfunktion“, die essentiell für die Wirkung während des Tages ist (Sander 1989a, 2001d). Andererseits kommt es bei geistigen und praktischen Tätigkeiten sowie Ruhephasen zum Abstützen der Unterkieferplatte auf den Stegen und komplette Mundschlüsse sind selten. Diese Belastungen der Stege nehmen im Laufe der Behandlung durch die zunehmende neuromuskuläre Adaption ab. Während der Nacht zeichnete Sander (1989c, 2001a) bei seinen Untersuchungen 200 bis 800 Zubisse auf. Die entspricht einer effektiven Aktivität von 10

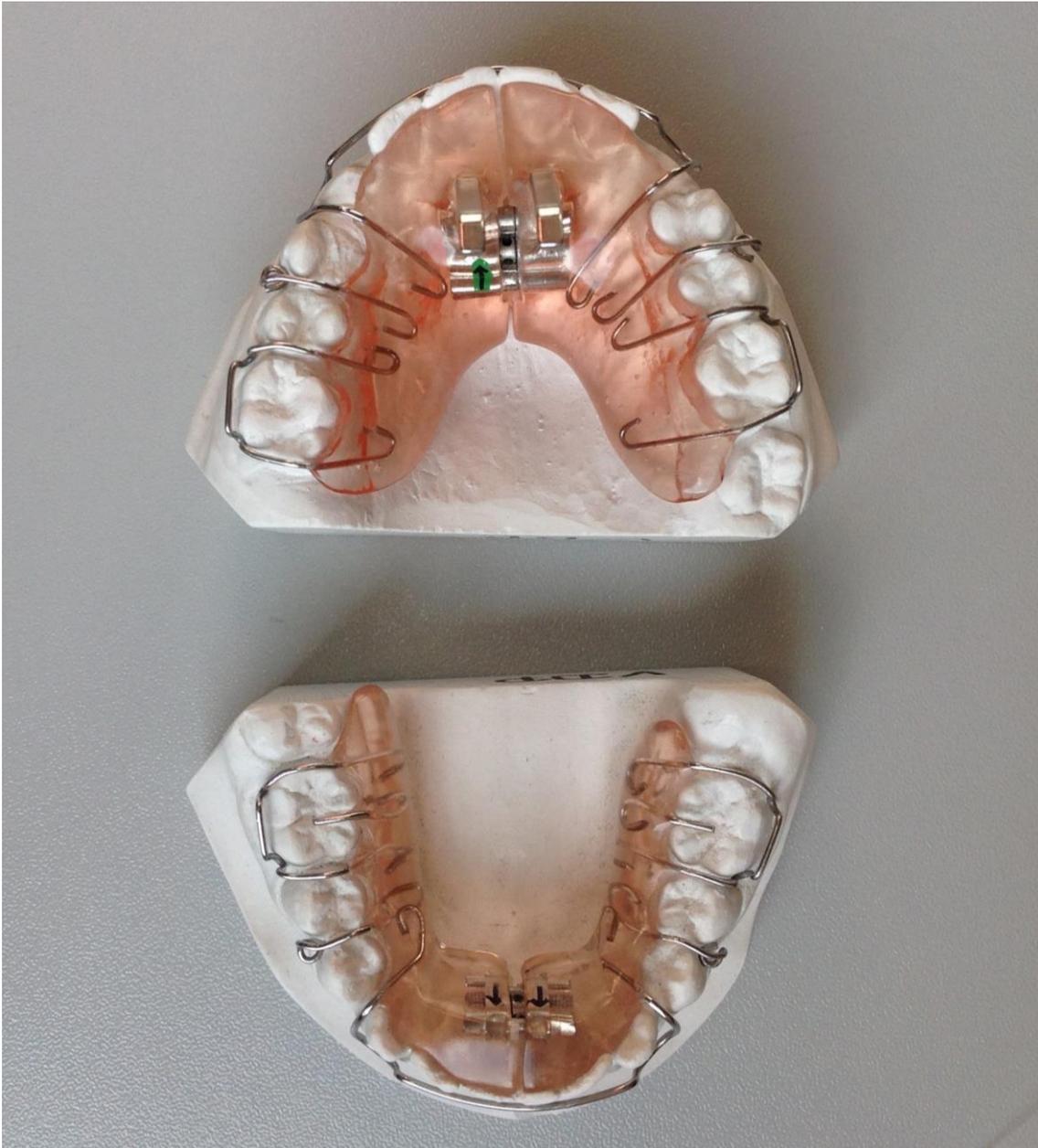


Abbildung 2.1 Vorschubdoppelplatte nach Sander.

Minuten. Diese war zudem hauptsächlich während Einschlaf- und Aufwachphase zu beobachten. In der passiven Zeit, in der der Unterkiefer meist auf den Stegen des Oberkiefers ruht, sieht Sander die Nachtwirkung begründet. Durch die Länge der Stege war auch bei Mundöffnungen von 14-16 mm eine Wechselwirkung zwischen den Kiefern registriert worden. Dabei wirkte eine Kraft von 1-4 N. Diese stimuliert zum einen das Unterkieferwachstum. Zum anderen wird durch die Kraft der Retraktoren der Oberkiefer in seinem Wachstum gehemmt. Dieser Effekt kann mittels Headgear noch verstärkt werden (Wichelhaus 1993a, 1993c, 1993e, 1993g; Wichelhaus und Sander 1995). Dazu wird bei Tiefbiss bzw. horizontalem Wachstumsmuster ein Low-Pull-Headgear verwendet während man bei offenem Biss bzw. vertikalem Wachstumsmuster einen

High-Pull-Headgear empfiehlt. Bei schwierigen Ausgangssituationen wird zudem die Verwendung intermaxillärer Gummizüge empfohlen (Sander und Wichelhaus 1994). Dabei werden jedoch auch zusätzliche Elemente nötig, um beispielsweise verstärkten dentalen Effekten entgegenzuwirken. Laut Sander und Weinreich (1991) können alle von A.M. Schwarz bekannten Drahtelemente genutzt werden.

2.2.2 Vorteile der Sander-II-Apparatur gegenüber anderen FKO-Geräten

Sander und Wichelhaus (1995) nennen folgende Vorteile der Sander-II-Apparatur gegenüber anderen funktionskieferorthopädischen, vor allem bimaxillären Geräten zur Behandlung der Klasse II/1:

- gute Compliance bei den Patienten, da Sprache und Beweglichkeit nur gering eingeschränkt sind;
- Verwendbarkeit unabhängig vom Stand der Entwicklung, da auch im Wechselgebiss eine gute Verankerung möglich ist;
- Kombinierbarkeit kieferorthopädischer und orthodontischer Behandlung durch Verwendung zusätzlicher mechanischer Teile, auch Dehnschrauben, wodurch die zusätzliche Vorbehandlung mit aktiven Platten überflüssig wird;
- zusätzliche Beeinflussung des Wachstums unter Verwendung von Headgear bzw. Aufbissbehelfen;
- kein Aussteigen der Apparatur bei geöffnetem Mund während der Nacht, sondern stattdessen eine weitere skelettale Wirkung – vor allem eine Hemmung des Oberkieferwachstums;
- Verstärkung des Effekts durch weiteren Vorschub gegenüber dem Konstruktionsbiss durch Tragen während des Tages;
- reibungsarme Führung über die schiefe Ebene und somit leichter Mundschluss;
- schnelles Erreichen eines guten Behandlungsergebnisses (Sander und Sander 2011).

2.3 Ziele der Studie

In den letzten Jahren war die kephalometrische Analyse von funktionskieferorthopädischen Geräten immer wieder Gegenstand neuer Studien. Dabei wurden gerade die Effekte der Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann immer wieder untersucht (Burhan und Nawaya 2015; Lisson und Tränkmann 2002, 2003; Lisson et al. 2013; Mauck et al. 1999; Mokrys 2009; Wedler et al. 2006). Seit den Studien von Sander und Lassak (1990) und Sander und Wichelhaus (1995) gab es jedoch kaum neue Publikation zur den Behandlungsergebnissen nach Therapie mit der Sander-II-Apparatur. Lediglich Martina et al. (2013) publizierten Untersuchungsergebnisse zu den Effekten der Sander-II-Apparatur. Hier wurde die Analyse nach Pancherz (1982) angewandt.

Ziel dieser retrospektiven Studie war die Evaluation der Ergebnisse von Sander und Wichelhaus (1995) mit einem großen Patientenkollektiv einer niedergelassenen Praxis.

Im Vordergrund dieser Studie stehen dabei folgende Fragestellungen:

- Welchen Effekt hat die Sander-II-Apparatur auf das sagittale und vertikale Kieferwachstum und welche Effekte auf die dentale Lage und Inklination?
- Wie verteilt sich der skelettale Effekt auf Maxilla und Mandibula?
- Wie groß ist der Einfluss der Therapie gegenüber dem natürlichen Wachstum?

3 Patienten und Methoden

3.1 Patienten

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden skelettale und dentale Effekte der Sander-II-Apparatur anhand eines behandelten Patientenkollektivs aus 102 Patienten mit einer unbehandelten Kontrollgruppe von 64 Patienten verglichen. Die Patientendaten wurden anonymisiert. Eine Unbedenklichkeitserklärung der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München lag vor (Aktenzeichen: 257-15).

Grundlage dieser Auswertung waren die Fernröntgenseitenbilder sowie die Karteikarten der Patienten mit allen nötigen Informationen wie Geburtsdaten, Zeitpunkten der Röntgenbilderstellung, Ein- und Ausgliederungsterminen der Sander-II-Apparaturen und Behandlungspausen.

Alle Patienten wiesen zu Untersuchungsbeginn sowohl eine dentale (mindestens $\frac{1}{2}$ Prämolarenbreite Distalbisslage) als auch eine skelettale Klasse II ($ANB \geq 4^\circ$) auf.

Die mit der Sander-II-Apparatur behandelten Patienten wurden in einer süddeutschen niedergelassenen Praxis von einem einzigen Kieferorthopäden behandelt. Das Kollektiv besteht aus 43 Jungen und 59 Mädchen (Abbildung 3.2). Sie waren zu Beginn der Behandlung durchschnittlich 10,46 (7,16 - 14,44) Jahre und zu Behandlungsende 13,09 (9,17 - 16,92) Jahre alt (Abbildung 3.1). Die reine Tragezeit betrug 2,3 Jahre. Der Untersuchungszeitraum lag bei 3,63 Jahren, da die Röntgenbilder zum Teil nicht in zeitlichem Zusammenhang mit der Ein- und Ausgliederung der Apparatur angefertigt wurden oder die Tragezeit der Sander-II-Apparatur zwischenzeitig unterbrochen wurde. Es wurden nur Patienten untersucht, bei denen im Zeitraum zwischen den Röntgenbildern ausschließlich die Sander-II-Apparatur und keine anderen kieferorthopädischen Geräte zum Einsatz kamen. Die Patienten wurden zwischen 1998 und 2010 behandelt.

Die Stege und schiefe Ebene der Sander-II-Apparaturen wurden bei allen behandelten Probanden mit einem Winkel von 60° zur Oberkiefergrundebene eingestellt. In beiden Platten wurde je ein Labialbogen mit Überführungen distal der Canini, zwei Dreiecksklammern zwischen den Milchmolaren bzw. den Prämolaren sowie zwei Adams-Klammern an die ersten bleibenden Molaren eingebaut. Die Patienten wurden angewiesen die Apparatur nachts sowie 2-3 Stunden tagsüber zu tragen.

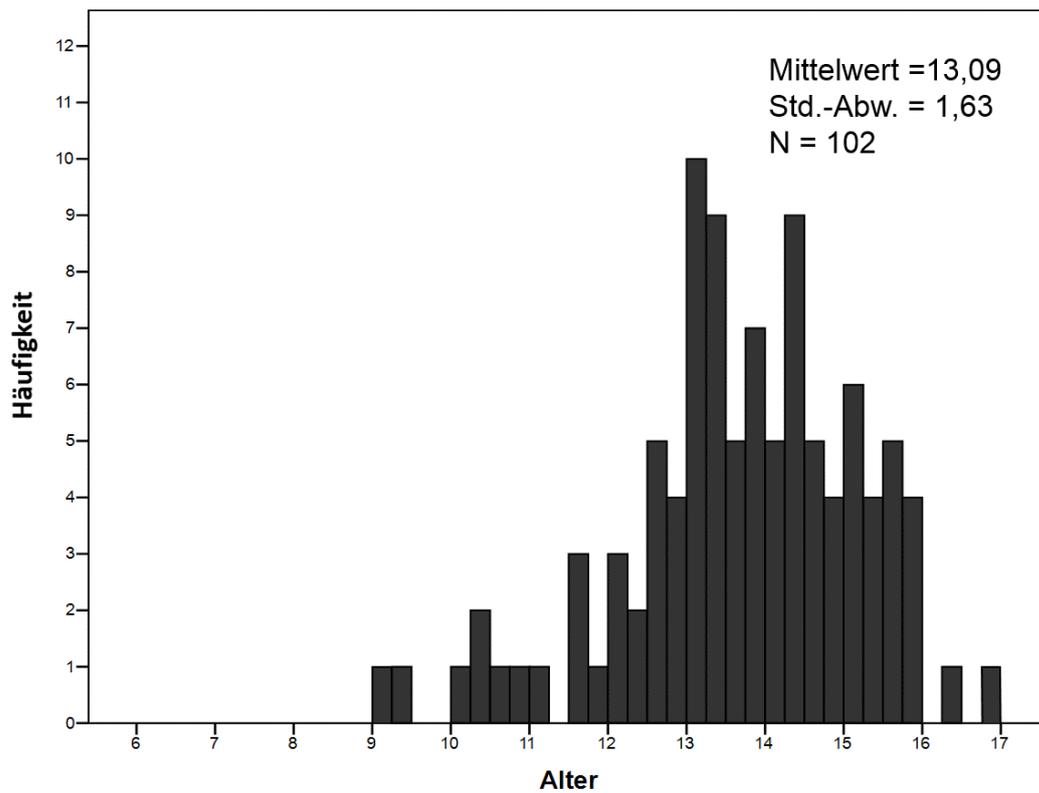
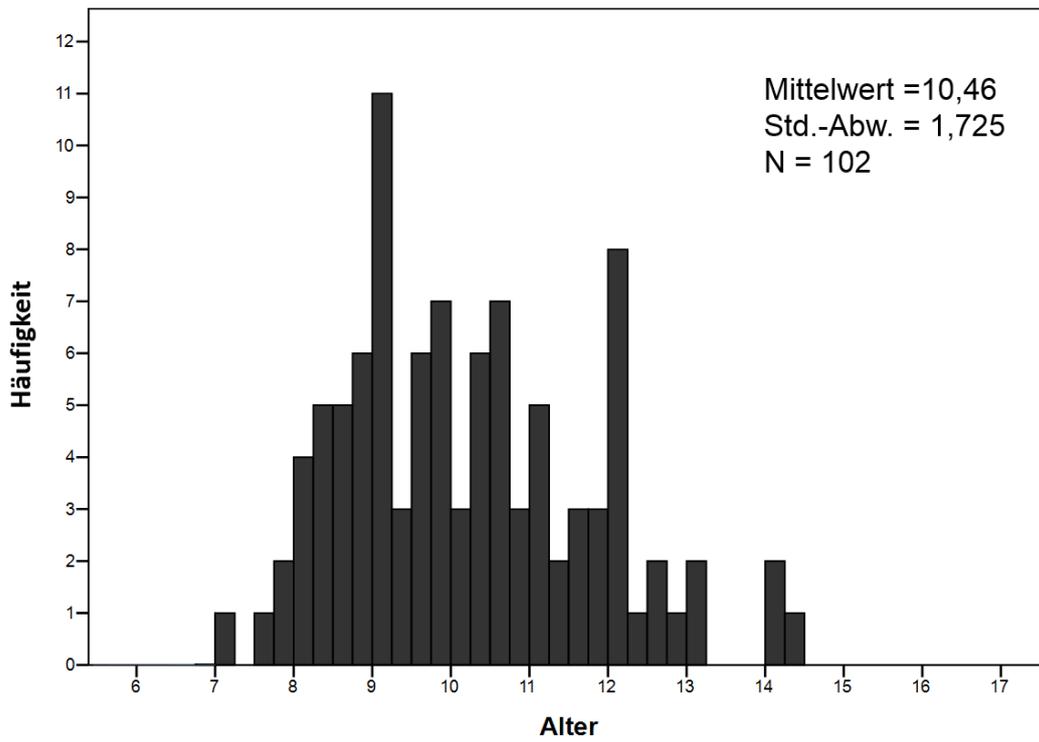


Abbildung 3.1: Altersverteilung der mit der Sander-II-Apparatur behandelten Patienten (n=102) zu Behandlungsbeginn (oben) und zu Behandlungsende (unten).

Die unbehandelte Kontrollgruppe bestand aus 64 Patienten der kieferorthopädischen Praxis von Frau Prof. Rudzki-Janson. Sie setzte sich aus 29 männlichen und 35 weiblichen Probanden zusammen (Abbildung 3.2). Sie waren zu Untersuchungsbeginn im Durchschnitt 10,15 (7,20 - 15,28) Jahre und zu Untersuchungsende 11,50 (8,19 - 16,38) Jahre alt (Abbildung 3.3). Die Untersuchungszeit betrug durchschnittlich 1,35 Jahre (Janson 1982). Die Therapie der Distalbisslage wurde bei diesen Patienten aus zwei Gründen zunächst nicht begonnen (Janson 1982):

1. Sehr schlechte Mundhygiene, die eine kieferorthopädische Behandlung ausschloss und/oder
2. Nichterscheinen zu den ersten beiden Behandlungsterminen.

Aufgrund fehlender Kalibrierbarkeit einiger Röntgenbilder in der Kontrollgruppe standen nur 42 der 64 Patienten für die metrischen Messungen der Pancherz-Analyse zur Verfügung.



Abbildung 3.2: Verteilung der Jungen und Mädchen in der Sander-II-Gruppe (links: 59 Mädchen, 43 Jungen) und in der Kontrollgruppe (rechts: 35 Mädchen, 29 Jungen).

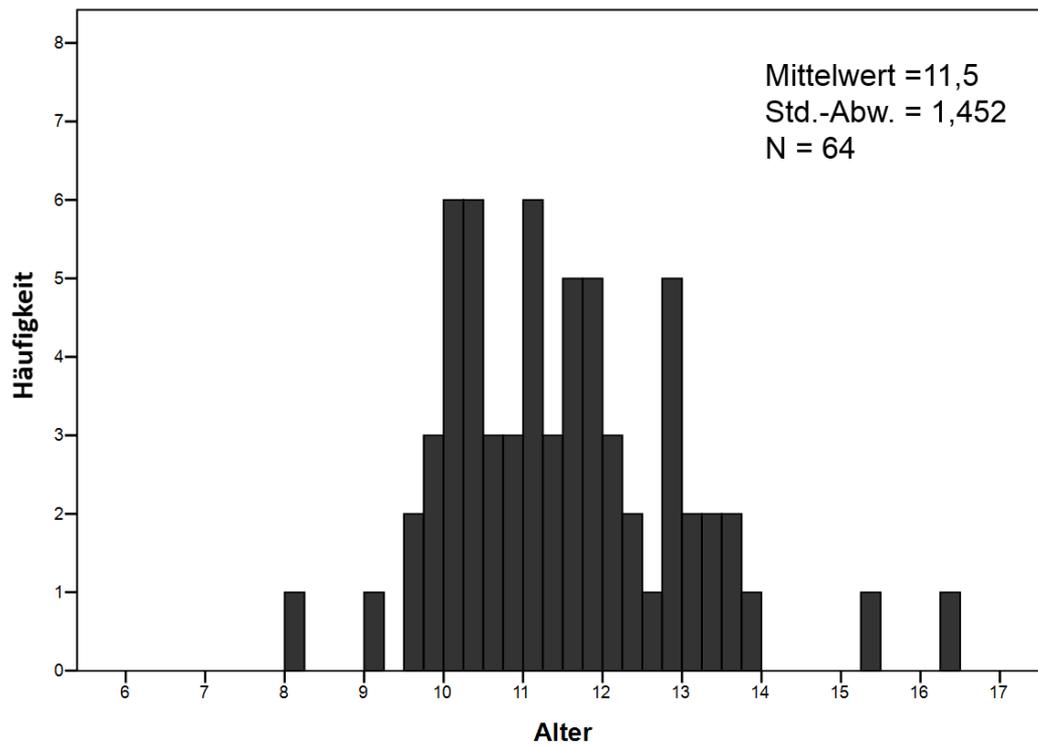
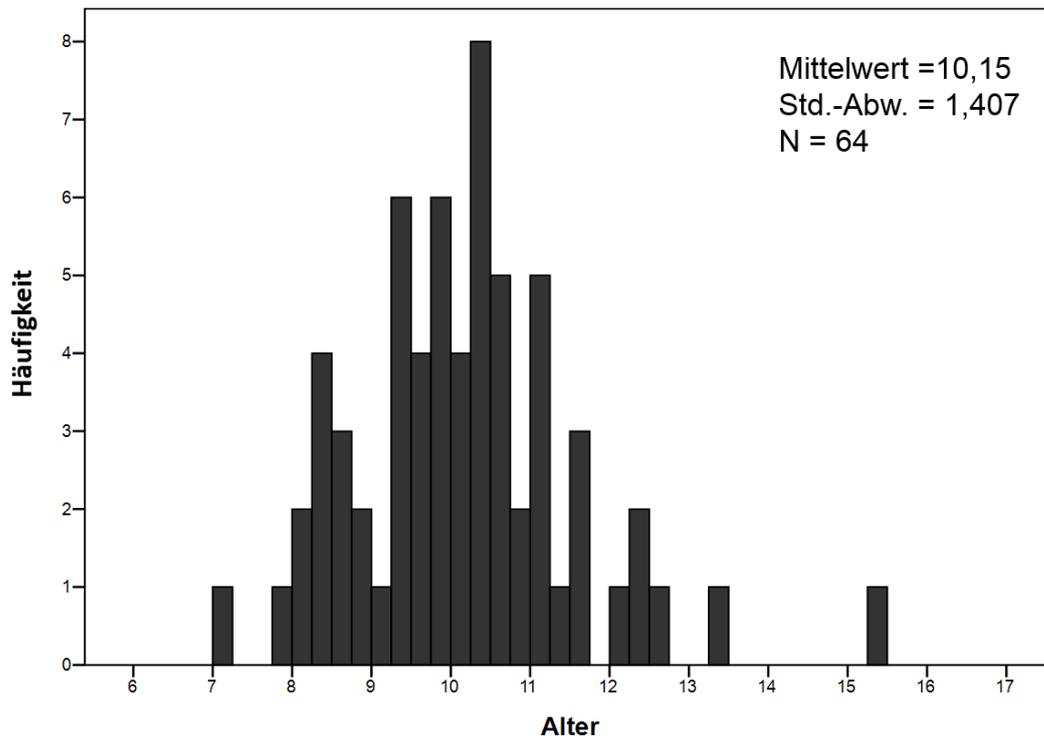


Abbildung 3.2: Altersverteilung der Patienten der Kontrollgruppe (n=64) zu Beobachtungsbeginn (oben) und zu Beobachtungsende (unten).

3.2 Methoden

Durch kephalometrische Messungen wurden die dentalen und skelettalen Effekte in beiden Untersuchungsgruppen bestimmt. Dazu wurden Fernröntgenseitenbilder vor und nach Therapie mit der Sander-II-Apparatur ausgewertet und mit einer unbehandelten Kontrollgruppe verglichen. Die Röntgenbilder beider Untersuchungsgruppen wurden mit unterschiedlichen Geräten angefertigt. Eine Gegenüberstellung der technischen Daten erfolgt in Tabelle 3.1.

Alle Röntgenbilder wurden mit einem Epson Expression 1680 Pro-Scanner (Epson Inc., Suwa, Japan) digitalisiert (150 dpi, 8 bit Graustufen, TIFF-Format). Die Auswertung der eingescannten Bilder wurde mit dem Computerprogramm FR-WIN, Version 2012 (Computer konkret AG, Falkenstein, Deutschland) durchgeführt. Entsprechend der in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der LMU standardisiert angewandten Fernröntgenseitenanalyse wurden Referenzpunkte und auf sie basierende Referenzlinien bestimmt bzw. konstruiert. Die Analyse wurde in Anlehnung an die Studie Sander und Wichelhaus (1995) durchgeführt und durch die Analyse nach Pancherz (1982) ergänzt.

Tabelle 3.1: Technische Daten der Röntengeräte beider Untersuchungsgruppen.

| | Sander-II-Gruppe | Kontrollgruppe (Janson 1982) |
|--|--|--|
| Röntengerät: | Planmeca PM 2002 CC Proline (Helsinki, Finnland) (Orthopantomograph-Cephalostat) | Orthoceph, Sirona (Bensheim, Deutschland) (Orthopantomograph-Cephalostat) |
| Abstand Mediansagittalebene Kopf – Filmkassette: | 0,18 m | 0,18 m |
| Abstand Mediansagittalebene Kopf – Brennpunkt: | 1,52 m | 1,50 m |
| Fixation des Kopfes im Röntengerät: | Ohrlöcher im Porus acusticus externus, Fixationssteg am Übergang zwischen Stirn und Nasenrücken | |
| Aufnahme in Bezug zur Atmung: | Stadium der Ausatmung | |
| Aufnahmespannung: | 68 kV | 80 kV |
| Aufnahmestrom: | 12 mA | 15 mA |
| Aufnahmezeit: | 0,6 s | 1,0 s |
| Strahlenerzeugung: | Röntgenröhre Toshiba (Minato, Japan), Brennfleck 0,5 x 0,5 mm | Strahlenerzeuger Nanodor 2P, Röntgenröhre SR 90-15SN, Brennfleck 0,6 x 0,6 mm |
| Film: | Valmex SH555 (Augsburg, Deutschland); Film-Folien-System: Lanex regular (Kodak, Rochester, USA); Empfindlichkeitsklasse: 400 (Verstärkerfolie) | Cronex-Dupont mit Rubinfolien-Verstärkung, Siemens (Berlin/München, Deutschland) |
| Größe der Filmkassette: | 18 x 24 cm | 18 x 24 cm |
| Entwickler: | Dürr X 24 Nova (Bietigheim-Bissingen, Deutschland) | Pantomat P10, Siemens (Berlin/München, Deutschland) |
| Entwicklungszeit: | 6 min | 5 min |

3.2.1 Referenzpunkte der FRS-Analyse

| | | |
|---------|-------------------------|---|
| S | Sella | Mittelpunkt der knöchernen Krypte der Sella Turcica |
| N | Nasion | ventralster Punkt der Sutura nasofrontalis |
| A | A-Punkt | dorsalster Punkt der Einziehung der anterioren Kontur der Maxilla |
| B | B-Punkt | dorsalster Punkt der Einziehung der anterioren Kontur der Mandibula |
| Pog | Pogonion | ventralster Punkt des knöchernen Kinns |
| Me | Menton | Mittelpunkt des unteren Randes der Unterkiefer-symphyse |
| Spa | Spina nasalis anterior | Spitze der Spina nasalis anterior |
| Spp | Spina nasalis posterior | Spitze der Spina nasalis posterior |
| Ar | Artikuläre | Schnittpunkt des Röntgenshattens des aufsteigenden Unterkieferastes und der Schädelbasis |
| Go | Gonion | Schnittpunkt der Mandibularlinie und der Tangente am aufsteigenden Unterkieferast |
| OK1-Inc | Inzision superior | Schneidekante des mittleren oberen Incisivus |
| OK1-Ap | Apicale superior | Wurzelspitze des mittleren oberen Incisivus |
| UK1-Inc | Inzision inferior | Schneidekante des unteren mittleren Incisivus |
| UK1-Ap | Apicale inferior | Wurzelspitze des unteren mittleren Incisivus |
| Occ | Okklusionszentrum | entsteht durch Konstruieren eines Schnittpunktes zwischen den Verbindungslinien von mesialem Kontaktpunkt OK 6 und distalem Kontaktpunkt UK 6 sowie distalem Kontaktpunkt OK 6 und mesialem Kontaktpunkt UK 6 |
| Mp6OK | | mesialer Kontaktpunkt des ersten Molars im Oberkiefer |
| Mp6UK | | mesialer Kontaktpunkt des ersten Molars im Unterkiefer |

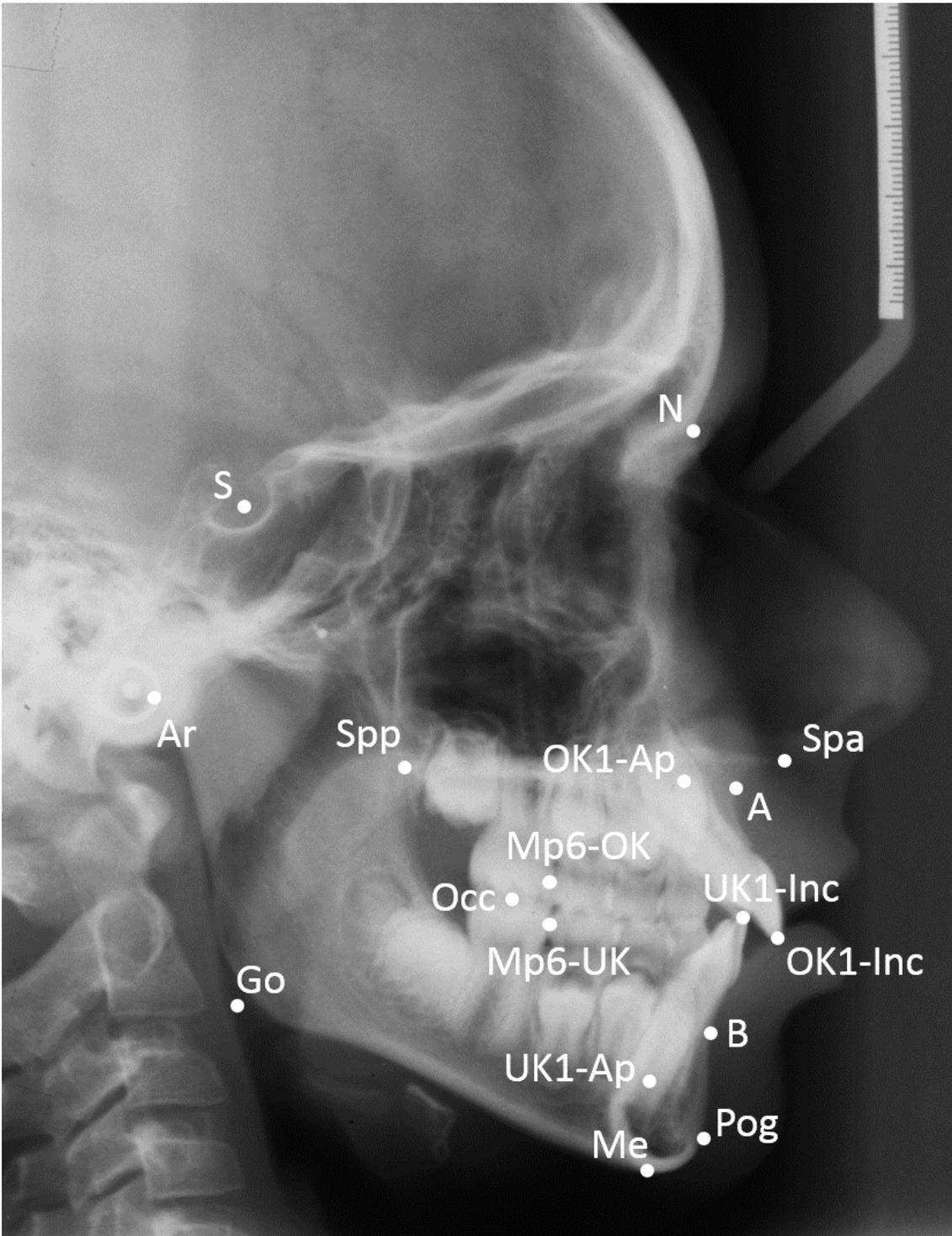


Abbildung 3.4: Referenzpunkte der kephalometrischen Analyse.

3.2.2 Referenzlinien der FRS-Analyse

| | | |
|---------|----------------------------------|---|
| NSL | Nasion-Sella-Linie | Verbindungsline von N und S; durch Verschluss der Sutura frontalis ab dem sechsten Lebensjahr kommt es zu keiner weiteren Expansion der vorderen Schädelgrube, wodurch die Nasion-Sella-Linie als Referenzlinie genutzt werden kann |
| ML | Mandibularlinie | sie ist die Tangente am horizontalen Unterkieferast durch den Punkt Menton |
| NL (Sp) | Nasallinie | sie entsteht durch Verbinden der vorderen und hinteren Spina nasalis |
| OK1 | | sie gibt die Zahnachse der übereinander projizierten oberen mittleren Schneidezähne an (OK1-Inc - OK1-Ap) |
| UK1 | | sie gibt die Zahnachse der übereinander projizierten unteren mittleren Schneidezähne an (UK1-Inc - UK1-Ap) |
| Occ | Okklusionsebene | sie entsteht durch Verbinden des Okklusionszentrums und der Mitte der Schneidekanten der mittleren Incisivi des Ober- und Unterkiefers (OK1-Inc & UK1-Inc) |
| OLp | Okklusionslinie perpendicularare | sie entsteht durch Fällen eines Lotes auf die Okklusionsebene (Occ oder auch OL) durch den Punkt S |

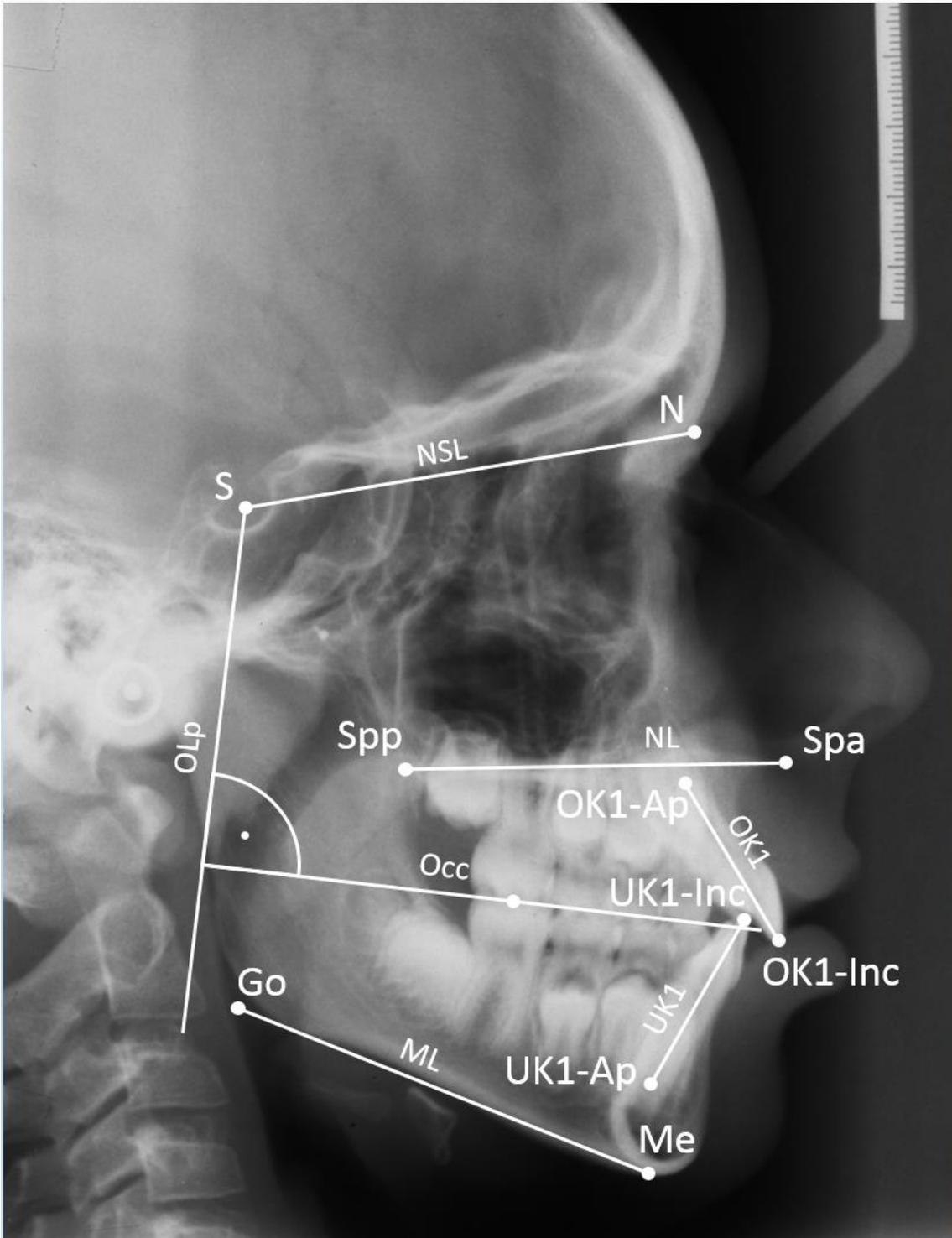


Abbildung 3.5: Referenzlinien der kephalometrischen Analyse.

3.2.3 Definition der Strecken, Winkel und Verhältnisse

Die in 3.2.1 beschriebenen Referenzpunkte und die in 3.2.2 konstruierten Referenzlinien werden benutzt, um die folgenden Strecken, Winkel und Verhältnisse zu bestimmen und zu berechnen.

3.2.3.1 Variablen der sagittalen Kieferrelation

| | | |
|-----------|---------------------------------|--|
| SNA | | Winkel zwischen NSL und der Linie NA: sagittale Position des Oberkiefers |
| SNB | | Winkel zwischen NSL und der Linie NB: sagittale Position des Unterkiefers |
| ANB | | Winkel zwischen den Linien NA und NB: sagittale Relation beider Kiefer zueinander |
| Pog_OLp | | Abstand zwischen Pog und OLp: sagittale Lage des Kinns und somit des Unterkiefers |
| AA_Herbst | Maxilläre Kiefer- basislänge | Abstand zwischen Punkt A und OLp: sagittale Lage des Oberkiefers |

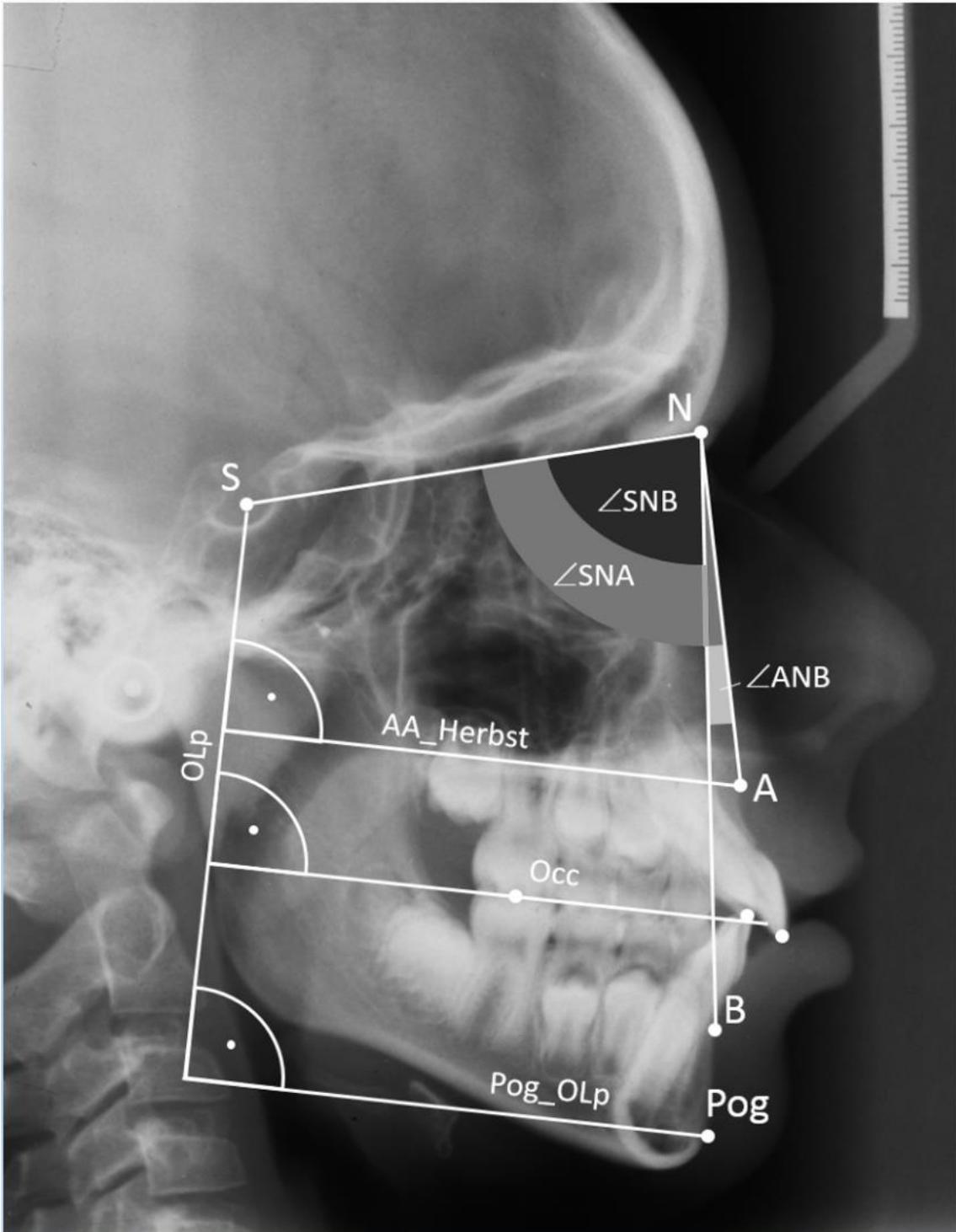


Abbildung 3.6: Variablen der sagittalen Kieferrelation.

3.2.3.2 Variablen der vertikalen Kieferrelation

| | | |
|--------------------|---------------------------------|--|
| NL-NSL | | Winkel zwischen NL und NSL: Neigung des Oberkiefers |
| ML-NSL (SNGoMe) | | Winkel zwischen ML und NSL: Inklination des Unterkiefers |
| ML-NL | | Winkel zwischen ML und NL: Neigung beider Kiefer zueinander |
| Occ-NSL | | Winkel zwischen Occ und NSL: Neigung der Okklusionsebene |
| Ar-Go-Me | Kieferwinkel | Winkel zwischen ML und ArGo: Angulation des Kieferwinkels |
| MeGoN | Unterer Kieferwinkel | Winkel zwischen der Linie NGo und ML: Angulation des unteren Teils des Kieferwinkels |
| N-Go-Ar | Oberer Kieferwinkel | Winkel zwischen den Linien NGo und ArGo: Angulation des oberen Teils des Kieferwinkels |
| SGo:NMe | Gesichtshöhenverhältnis (Ratio) | hintere Gesichtshöhe (Abstand zwischen den Punkten S und Go)/vordere Gesichtshöhe (Abstand zwischen den Punkten N und Me) in Prozent: Inklination des Unterkiefers |
| NSp:SpMe | | Verhältnis zwischen N-Sp und Sp-Me (N-Sp/Sp-Me) in Prozent: Verhältnis der oberen zur unteren Gesichtshälfte getrennt durch die Nasallinie |

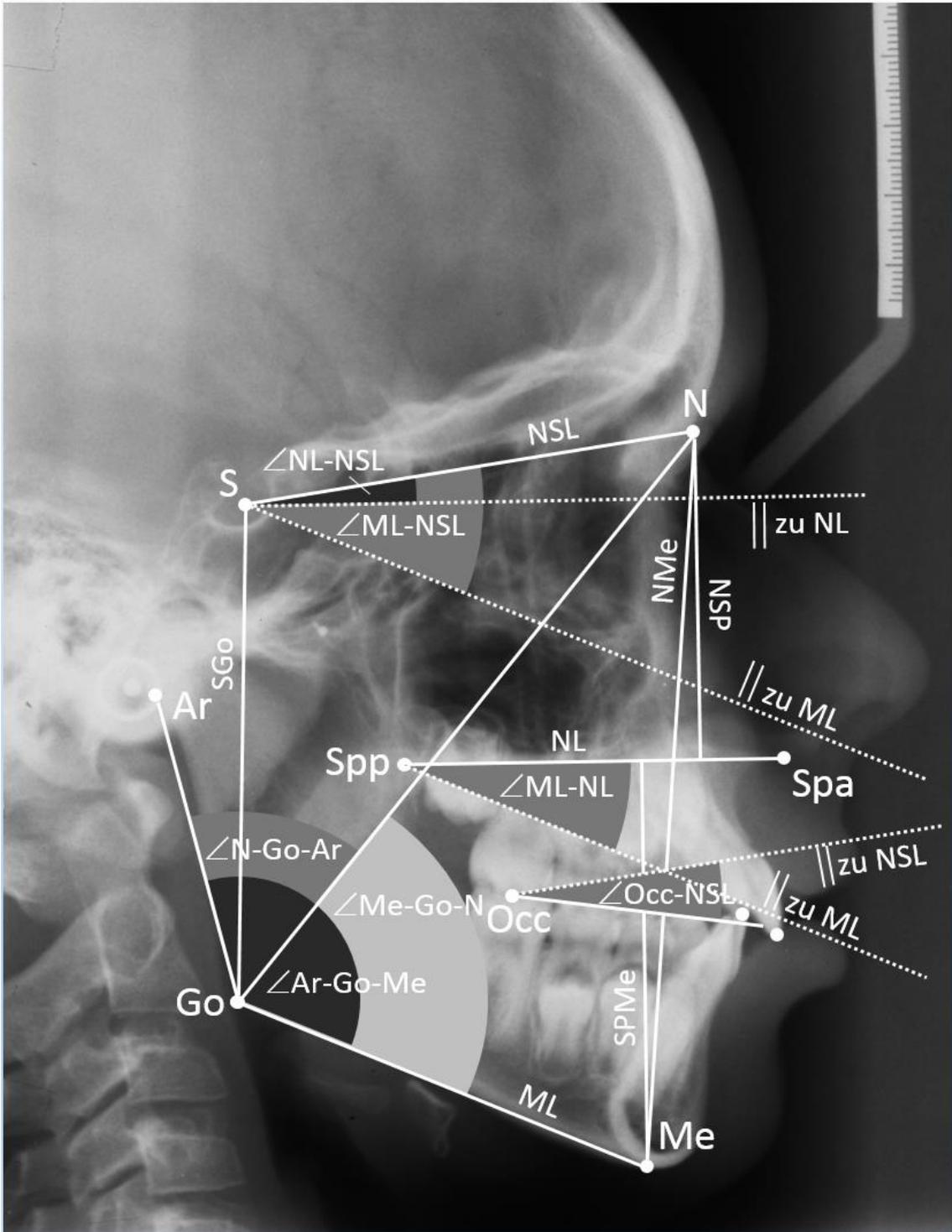


Abbildung 3.7: Variablen der vertikalen Kieferrelation.

3.2.3.3 Variablen der dentalen Lage und Inklination

| | | |
|-----------|--------------------|--|
| OK1-UK1 | Interinzisalwinkel | Winkel zwischen OK1 und UK1: Neigung der mittleren Incisivi beider Kiefer zueinander |
| OK1-NSL | | Winkel zwischen OK1 und NSL: Neigung der oberen mittleren Incisivi |
| OK1-NA | | Winkel zwischen OK1 und der Linie NA: Neigung der oberen mittleren Incisivi |
| UK1-ML | | Winkel zwischen UK1 und ML: Neigung der unteren mittleren Incisivi |
| UK1-NB | | Winkel zwischen UK1 und der Linie NB: Neigung der unteren mittleren Incisivi |
| IsOK_OLp | | Abstand zwischen OK1-Inc und OLp: sagittale Lage der oberen mittleren Incisivi |
| IsUK_OLp | | Abstand zwischen UK1-Inc und OLp: sagittale Lage der unteren mittleren Incisivi |
| Mp6OK_OLp | | Abstand zwischen Mp6OK und OLp: sagittale Lage der oberen ersten Molaren |
| Mp6UK_OLp | | Abstand zwischen Mp6UK und OLp: sagittale Lage der unteren ersten Molaren |

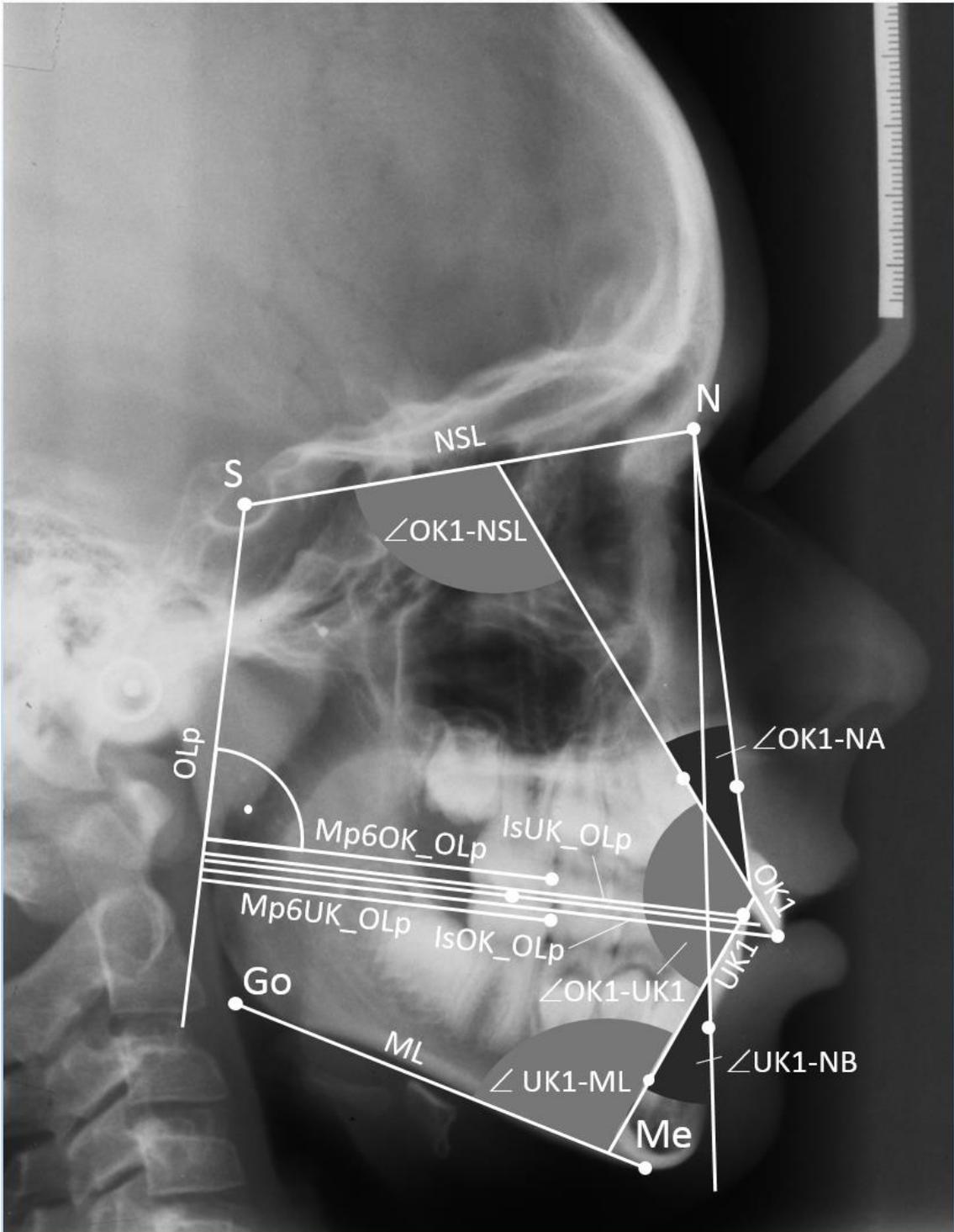


Abbildung 3.8: Variablen der dentalen Lage und Inklination.

3.2.4 Statistische Auswertung

Die Patientendaten sowie die Daten der kephalometrischen Auswertung wurden mit dem Programm Excel 11.0 bzw. 14.0 (Microsoft, Redmond, USA) verarbeitet und mit dem Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 21 (IBM, Armonk, USA) analysiert. Die deskriptive Statistik umfasste die Berechnung von Mittelwerten, Medianen, Standardabweichungen, Minima und Maxima der erhobenen Daten.

Mit Hilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests wurde eine Beurteilung der Behandlungsergebnisse in der Behandlungsgruppe und der Untersuchungsergebnisse der Kontrollgruppe getroffen. Der Vergleich der erzielten Effekte der behandelten Gruppe wurde über den Wilcoxon-Rang-Summentest (Wilcoxon 1945) mit der Kontrollgruppe gezogen. Die Signifikanzniveaus wurde auf $p \leq 0,05$ = signifikant (*), $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**) und $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***) festgelegt.

Um die Reliabilität der Durchzeichnung zu überprüfen, wurden 20 Röntgenbilder zweimal in einem zeitlichen Abstand von einem Monat ausgewertet und der technische Messfehler ermittelt. Dazu wurden gemäß dem Vorgehen von Perini et al. (2005) für alle Variablen und Patienten die Differenzen zwischen erster und zweiter Durchzeichnung ermittelt. Die Differenzen wurden einzeln im Quadrat genommen. Anschließend wurden die gleichen Variablen aller Patienten miteinander addiert. Gemäß folgender Formel erhielt man den absoluten technischen Messfehler („absolute technical error of measurement“ TEM, siehe Tabelle 3.2):

$$TEM = \sqrt{\frac{\sum d_i^2}{2n}}$$

$\sum d^2$ = Summe der im Quadrat genommenen Differenzen
n = Anzahl der durchgezeichneten Röntgenbilder
i = Anzahl der Differenzen

Um den relativen technischen Messfehler („relative technical error of measurement“ rTEM, siehe Tabelle 3.2) zu errechnen, wird der absolute technische Messfehler (TEM) durch den Variablendurchschnittswert (VDW) geteilt. Der Variablendurchschnittswert ist das arithmetische Mittel aller Werte der jeweiligen Variable.

$$rTEM = \frac{TEM}{VDW}$$

Tabelle 3.2: Absolute (TEM) und relative technische Messfehler (rTEM).

| Messwert | TEM | rTEM (%) |
|-------------------------------------|------|----------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | |
| SNA [°] | 0,65 | 0,82 |
| SNB [°] | 0,46 | 0,62 |
| ANB [°] | 0,60 | 12,13 |
| Pog_OLp [mm] | 0,87 | 1,14 |
| AA_Herbst [mm] | 0,58 | 0,75 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | |
| NL-NSL [°] | 0,73 | 9,58 |
| ML-NSL [°] | 0,75 | 2,35 |
| ML-NL [°] | 0,96 | 3,89 |
| SGo:NMe [%] | 0,67 | 1,01 |
| NSp:SpMe [%] | 1,46 | 1,72 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | |
| OK1-UK1 [°] | 1,24 | 0,97 |
| OK1-NSL [°] | 1,05 | 1,03 |
| OK1-NA [°] | 1,14 | 5,59 |
| UK1-ML [°] | 0,96 | 0,97 |
| UK1-NB [°] | 0,88 | 3,32 |
| IsOK_OLp [mm] | 0,61 | 0,73 |
| IsUK_OLp [mm] | 0,50 | 0,63 |
| Mp6OK_OLp [mm] | 0,65 | 1,27 |
| Mp6UK_OLp [mm] | 0,79 | 2,59 |

4 Ergebnisse

4.1 Sagittale Kieferrelation

Es folgt eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse der sagittalen Kieferrelation (Übersicht in den Tabellen 4.1 bis 4.3). Die vollständigen Tabellen befinden sich im Anhang (Tabellen 10.1 – 10.13).

Tabelle 4.1: Vergleich der Anfangs- und Endwerte der sagittalen Kieferrelation von Sander-II-Gruppe (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) und die Signifikanz ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest ergeben (M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Z = Median). In der Sander-II-Gruppe (n=102) betrug die reine Tragezeit 2,3 Jahre, die komplette Beobachtungszeit 3,63 Jahre. Die Beobachtungszeit in der Kontrollgruppe (n=64) lag bei 1,35 Jahren.

| Gruppe | Messwert | Anfang | | | Ende | | | Signifikanz | | |
|------------------|----------------|-------------|-------|------|-------|-------------|-------|-------------|-------|------------|
| | | Bereich | M | SD | Z | Bereich | M | | SD | Z |
| Sander-II-Gruppe | SNA [°] | 73,3 – 92,9 | 81,82 | 3,76 | 81,65 | 72,8 – 91,2 | 81,39 | 3,70 | 81,05 | <0,001 *** |
| | SNB [°] | 67,8 – 85,0 | 76,03 | 3,43 | 76,00 | 69,4 – 86,6 | 77,35 | 3,43 | 77,15 | <0,001 *** |
| | ANB [°] | 2,1 – 9,7 | 5,79 | 1,55 | 5,45 | 0,5 – 8,4 | 4,04 | 1,51 | 4,00 | <0,001 *** |
| | Pog_OLp [mm] | 60,1 – 81,3 | 69,83 | 4,70 | 70,35 | 61,8 – 87,2 | 74,54 | 5,19 | 74,05 | <0,001 *** |
| | AA_Herbst [mm] | 61,6 – 77,9 | 70,83 | 3,82 | 71,50 | 62,6 – 83,6 | 73,49 | 4,34 | 73,50 | <0,001 *** |
| Kontrollgruppe | SNA [°] | 71,9 – 88,0 | 80,03 | 3,17 | 79,30 | 71,5 – 87,9 | 79,90 | 3,22 | 79,05 | 0,111 |
| | SNB [°] | 68,8 – 85,1 | 75,65 | 3,53 | 74,80 | 69,2 – 85,2 | 75,97 | 3,63 | 75,30 | <0,001 *** |
| | ANB [°] | -0,6 – 8,1 | 4,39 | 1,96 | 4,50 | -1,0 – 7,1 | 3,93 | 1,82 | 3,95 | <0,001 *** |
| | Pog_OLp [mm] | 56,3 – 83,5 | 69,73 | 5,43 | 70,25 | 58,5 – 83,0 | 70,59 | 5,41 | 70,95 | 0,049 * |
| | AA_Herbst [mm] | 60,2 – 75,9 | 68,57 | 3,72 | 68,45 | 61,2 – 78,6 | 69,34 | 4,06 | 69,90 | 0,005 ** |

Tabelle 4.2: Vergleich der Differenzen der Werte der sagittalen Kieferrelation von Sander-II-Gruppe (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit und gerechnet über ein Jahr sowie die Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben (M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Z = Median). In der Sander-II-Gruppe (n=102) betrug die reine Tragezeit 2,3 Jahre, die komplette Beobachtungszeit 3,63 Jahre. Die Beobachtungszeit in der Kontrollgruppe (n=64) lag bei 1,35 Jahren.

| Messwert | Sander-II-Gruppe | | | Kontrollgruppe | | | Signifikanz |
|--|------------------|------|-------|----------------|------|-------|-------------|
| | M | SD | Z | M | SD | Z | |
| <i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i> | | | | | | | |
| SNA [°] | -0,43 | 0,99 | -0,45 | -0,12 | 0,58 | -0,10 | 0,016 * |
| SNB [°] | 1,31 | 1,10 | 1,30 | 0,32 | 0,57 | 0,30 | <0,001 *** |
| ANB [°] | -1,75 | 1,04 | -1,60 | -0,46 | 0,67 | -0,40 | <0,001 *** |
| Pog_OLp [mm] | 4,71 | 3,38 | 4,50 | 0,86 | 2,36 | 0,55 | <0,001 *** |
| AA_Herbst [mm] | 2,66 | 2,48 | 2,65 | 0,77 | 1,52 | 0,80 | <0,001 *** |
| <i>Jährliche Änderung</i> | | | | | | | |
| SNA [°/Jahr] | -0,15 | 0,35 | -0,14 | -0,06 | 0,57 | -0,06 | 0,156 |
| SNB [°/Jahr] | 0,37 | 0,31 | 0,37 | 0,29 | 0,53 | 0,22 | 0,036 * |
| ANB [°/Jahr] | -0,53 | 0,32 | -0,49 | -0,36 | 0,60 | -0,38 | 0,004 ** |
| Pog_OLp [mm/Jahr] | 1,44 | 1,20 | 1,24 | 0,62 | 2,04 | 0,59 | 0,007 ** |
| AA_Herbst [mm/Jahr] | 0,79 | 0,88 | 0,71 | 0,64 | 1,60 | 0,81 | 0,812 |

Tabelle 4.3: Effektive jährliche Wachstumsbeeinflussung durch die Sander-II-Apparatur (Differenzen zwischen den Mittelwerten für die jährlichen Differenzen von Sander-II-Gruppe n=102 und Kontrollgruppe n=64) mit den Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben.

| Messwert | Mittelwert | Signifikanz |
|---------------------|------------|-------------|
| SNA [°/Jahr] | -0,09 | 0,156 |
| SNB [°/Jahr] | +0,08 | 0,036 * |
| ANB [°/Jahr] | -0,17 | 0,004 ** |
| Pog_OLp [mm/Jahr] | +0,82 | 0,007 ** |
| AA_Herbst [mm/Jahr] | +0,15 | 0,812 |

SNA

Der SNA-Winkel als Marker für die sagittale Position der Maxilla liegt zu Behandlungsbeginn mit $81,82^\circ$ in der Sander-II-Gruppe deutlich über dem Wert von $80,03^\circ$ in der Kontrollgruppe. SNA verringert sich in der behandelten Gruppe insgesamt um $0,43^\circ$. Entgegen einer Verringerung um $0,12^\circ$ in der Kontrollgruppe ($p = 0,111$, Tabelle 4.1) ist diese Veränderung hoch signifikant ($p < 0,001$; Tabelle 4.1). Jährlich verringert sich der SNA-Wert in der Sander-II-Gruppe um $0,15^\circ$, in der Kontrollgruppe um $0,06^\circ$ (Abbildung 4.1). Diese Änderungen sind verglichen miteinander nicht signifikant ($p = 0,156$; Tabellen 4.2 und 4.3).

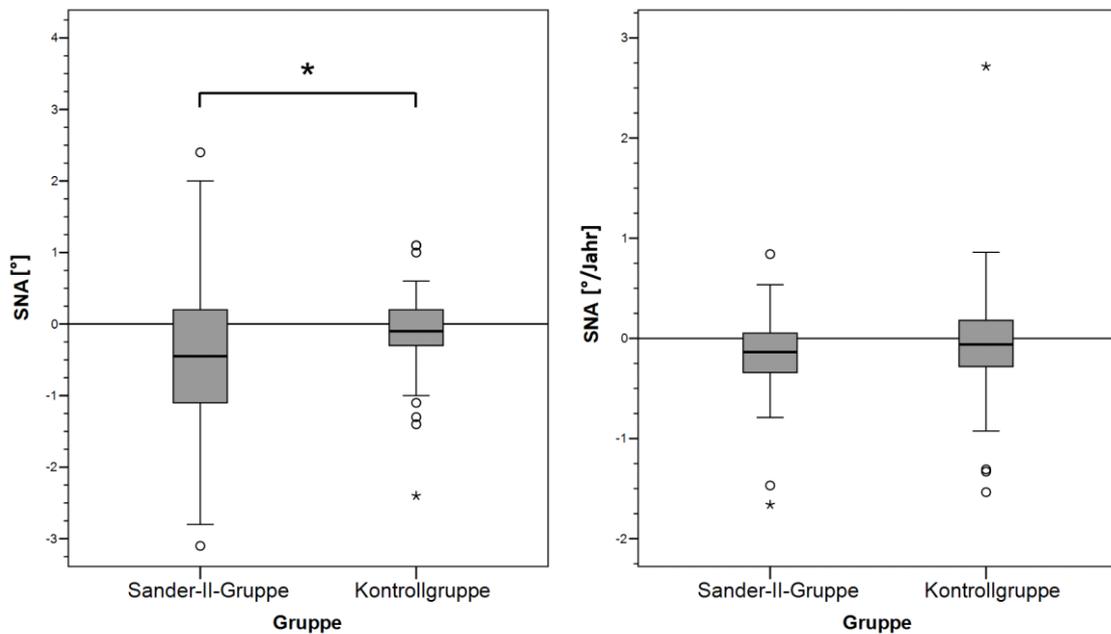


Abbildung 4.1: Vergleich der Änderungen des Winkels SNA in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

SNB

Der SNB-Winkel beschreibt die Lage des Unterkiefers in der Sagittalen. Mit einem SNB-Winkel von $76,03^\circ$ in der Sander-II-Gruppe liegt der B-Punkt in der Kontrollgruppe mit einem SNB von $75,65^\circ$ zu Beobachtungsbeginn etwas weiter dorsal. Vergleicht man die Anfangs- und Endwerte, ist in beiden Untersuchungsgruppen eine hohe Signifikanz festzustellen (jeweils $p < 0,001$; Tabelle 4.1). Eine Vergrößerung des SNB um $1,31^\circ$ durch die Sander-II-Apparatur steht einer Zunahme um $0,32^\circ$ in der Kontrollgruppe gegenüber. Jährlich ist eine Vergrößerung des SNB um $0,37^\circ$ in der Sander-II-Gruppe und um $0,29^\circ$ in der Kontrollgruppe zu verzeichnen (Abbildung 4.2). Die Differenzunterschiede sind für die komplette Beobachtungszeit hoch signifikant und für ein Jahr signifikant (komplette Beobachtungszeit: $p < 0,001$; jährliche Änderung: $p = 0,036$; Tabellen 4.2 und 4.3). Es zeigt sich also eine erhöhte Ventralverlagerung des Unterkiefers in der Sander-II-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe.

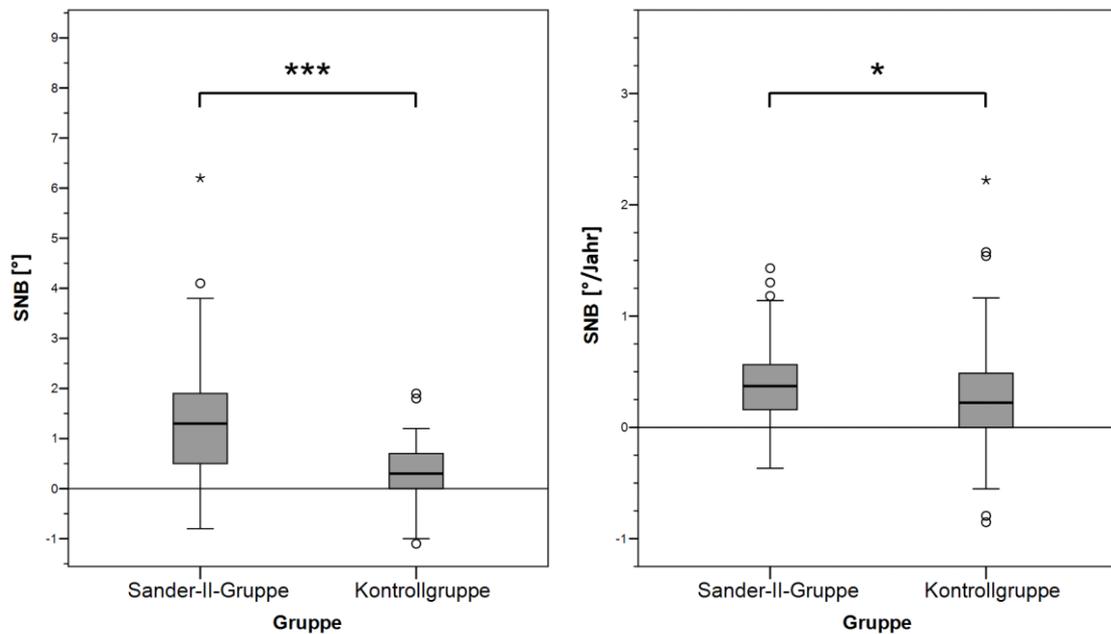


Abbildung 4.2: Vergleich der Änderungen des Winkels SNB in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

ANB

Der Winkel ANB gibt die sagittale Stellung der Kiefer zueinander an. ANB verkleinert sich in der Sander-II-Gruppe von $5,79^\circ$ auf $4,04^\circ$ und in der Kontrollgruppe von $4,39^\circ$ auf $3,93^\circ$. Beim Vergleich der Anfangs- und Endwerte zeigt sich, dass eine hoch signifikante Reduktion der sagittalen Diskrepanz auch ohne die Wirkung einer Apparatur zustande kommt (jeweils $p < 0,001$; Tabelle 4.1). Die Reduktion beträgt im Durchschnitt $1,75^\circ$ in der Sander-II-Gruppe bzw. $0,32^\circ$ in der Kontrollgruppe. Bezogen auf ein Jahr sind das $0,53^\circ$ in der Sander-II-Gruppe bzw. $0,36^\circ$ in der Kontrollgruppe (Abbildung 4.3). Die Sander-II-Apparatur verstärkt die natürliche Reduktion der Klasse II in Richtung Klasse I um weitere $0,17^\circ$ pro Jahr. Es ist eine sehr signifikante Verbesserung der skelettalen Diskrepanz bei den Patienten mit der Sander-II-Apparatur gegenüber der Kontrollgruppe im jährlichen und eine hoch signifikante Verbesserung im kompletten Vergleich zu beobachten (komplette Beobachtungszeit: $p < 0,001$; jährliche Änderung: $p = 0,004$; Tabelle 4.2 und 4.3).

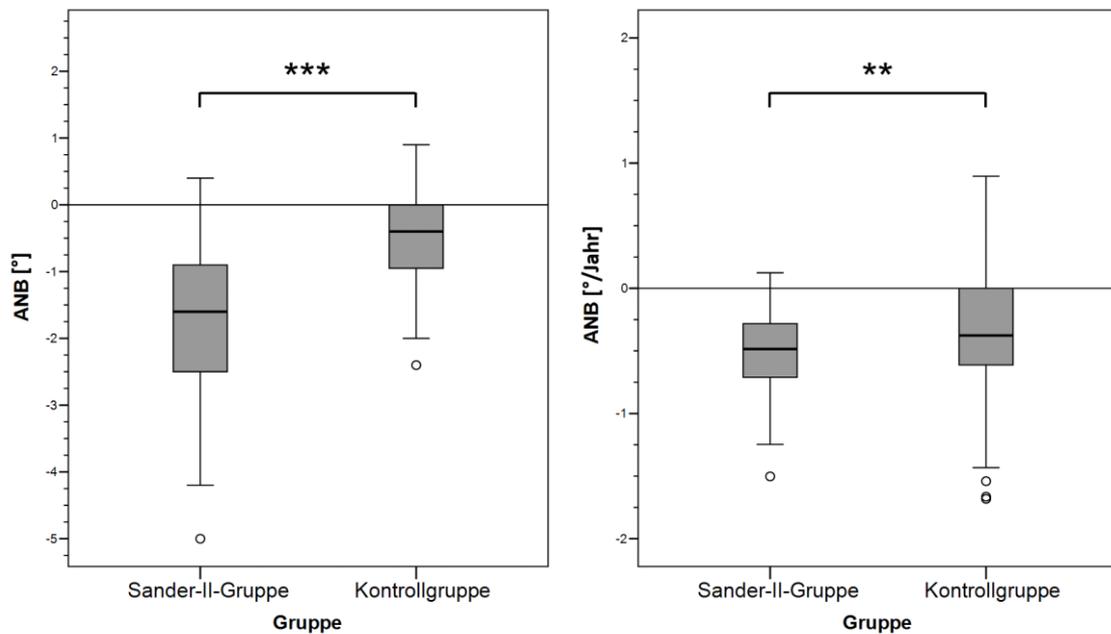


Abbildung 4.3: Vergleich der Änderungen des Winkels ANB in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

Pog_OLp

Wie der SNB-Winkel beschreibt der Abstand Pog-OLp die sagittale Lage des Unterkiefers. Die Ausgangswerte liegen in beiden Gruppen mit 69,83 mm (Sander-II-Gruppe) bzw. 69,73 mm (Kontrollgruppe) sehr nahe zusammen. In der Sander-II-Gruppe zeigt sich eine hoch signifikante und in der Kontrollgruppe eine signifikante Ventralverlagerung der Mandibula (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,049$; Tabelle 4.1). Betrachtet man die komplette Beobachtungszeit, steht eine Zunahme von 4,71 mm durch die Sander-II-Behandlung einer Zunahme von 0,86 mm ohne Therapie gegenüber. Das entspricht einer jährlichen Zunahme um 1,44mm (Sander-II-Gruppe) bzw. 0,62 mm (Kontrollgruppe) (Abbildung 4.4). Die Sander-II-Apparatur verstärkt die natürliche Ventralverlagerung des Kinns also um 0,82 mm pro Jahr. Der Behandlungseffekt übertrifft das natürliche Wachstum über die komplette Beobachtungszeit hoch signifikant und über ein Jahr sehr signifikant (komplette Beobachtungszeit: $p < 0,001$; jährliche Änderung: $p = 0,007$; Tabellen 4.2 und 4.3).

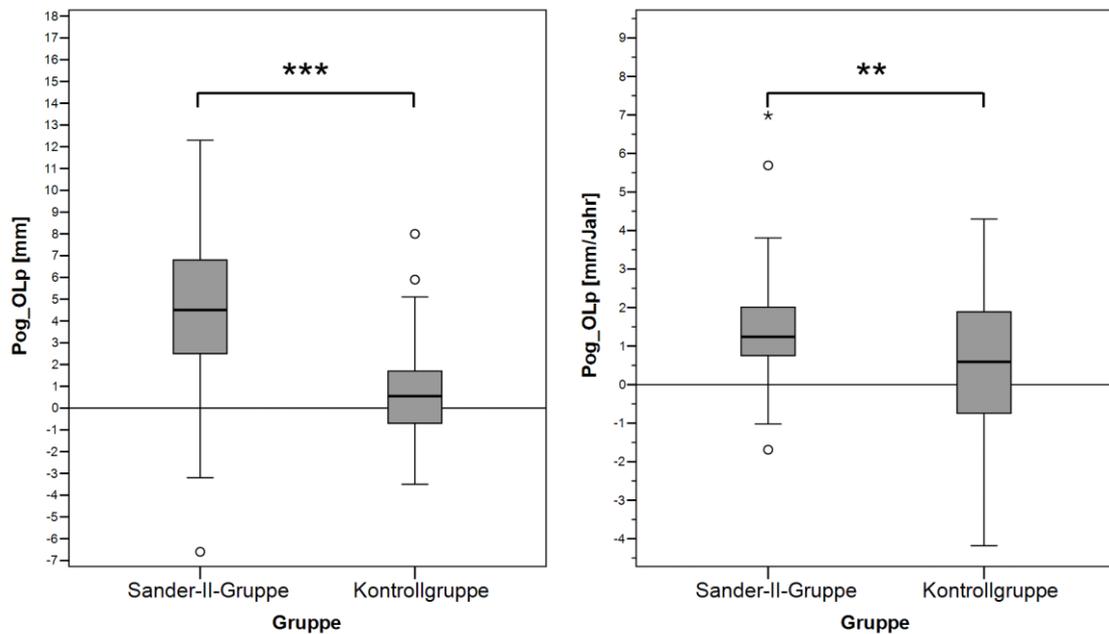


Abbildung 4.4: Vergleich der Änderungen der Strecke Pog_OLp in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und deren jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

AA_Herbst

Die Strecke AA_Herbst gibt, wie der Winkel SNA, die sagittale Oberkieferposition an. Der Ausgangswert liegt in der Sander-II-Gruppe mit 70,83 mm deutlich über dem Wert in der Kontrollgruppe mit 68,57 mm. Die Endwerte haben sich im Vergleich zu den Anfangswerten in der Sander-II-Gruppe hoch signifikant und in der Kontrollgruppe sehr signifikant geändert (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,005$; Tabelle 4.1). Eine Differenz von 2,66 mm in der Behandlungsgruppe steht einer Differenz von 0,77 mm in der Kontrollgruppe gegenüber. Der Vergleich beider Differenzen ist hoch signifikant ($p < 0,001$; Tabelle 4.2). Bei Betrachtung der jährlichen Veränderung ist keine Signifikanz festzustellen ($p = 0,812$; Tabellen 4.2 und 4.3). Hier liegen die Differenzen bei 0,79 mm in der Sander-II-Gruppe und 0,64 mm in der Kontrollgruppe (Abbildung 4.5).

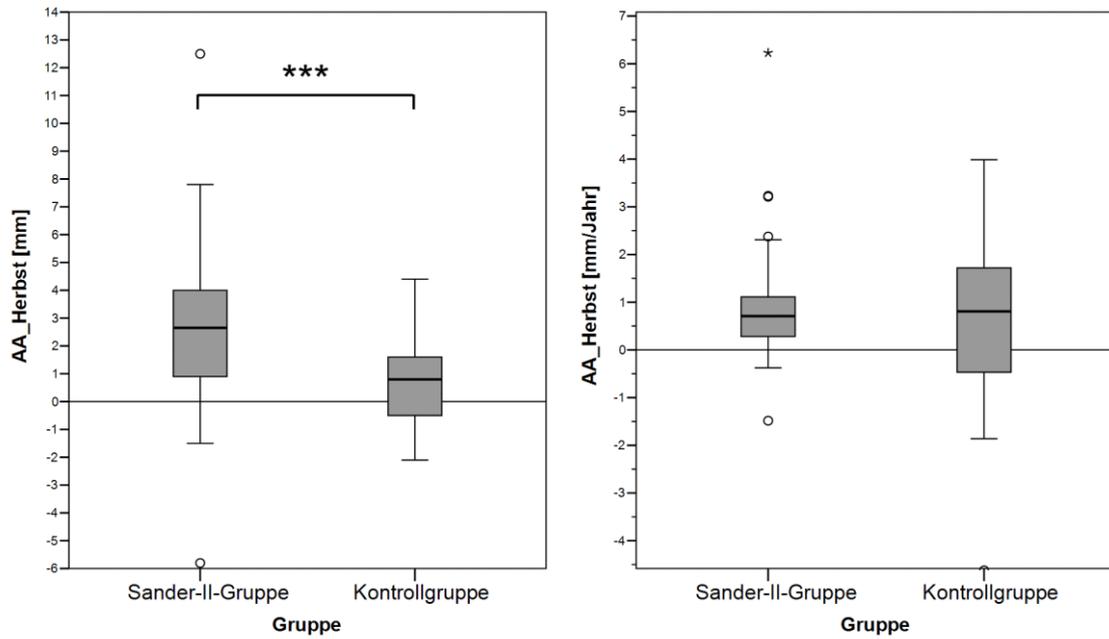


Abbildung 4.5: Vergleich der Änderungen der Strecke AA_Herbst in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und deren jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

4.2 Vertikale Kieferrelation

Es folgt eine Darstellung der Ergebnisse der vertikalen Kieferrelation (Übersicht in den Tabellen 4.4 bis 4.6). Die vollständigen Tabellen befinden sich im Anhang (Tabellen 10.1- 10.13).

Tabelle 4.4: Vergleich der Anfangs- und Endwerte der vertikalen Kieferrelation von Sander-II-Gruppe (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) und die Signifikanz (p ≤ 0,05 = signifikant (*); p ≤ 0,01 = sehr signifikant (**); p ≤ 0,001 = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest ergeben (M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Z = Median). In der Sander-II-Gruppe (n=102) betrug die reine Tragezeit 2,3 Jahre, die komplette Beobachtungszeit 3,63 Jahre. Die Beobachtungszeit in der Kontrollgruppe (n=64) lag bei 1,35 Jahren.

| Gruppe | Messwert | Anfang | | | Ende | | | Signifikanz | | | | |
|------------------|--------------|---------|-------|-------|------|---------|--------|-------------|-------|------|-------|-----------|
| | | Bereich | M | SD | Z | Bereich | M | | SD | Z | | |
| Sander-II-Gruppe | NL-NSL [°] | 0,7 – | 17,1 | 6,96 | 3,02 | 6,85 | -1,0 – | 14,0 | 7,36 | 3,01 | 7,55 | 0,002** |
| | ML-NSL [°] | 22,8 – | 41,3 | 32,03 | 3,55 | 31,90 | 22,4 – | 43,8 | 31,27 | 4,65 | 31,05 | <0,001*** |
| | ML-NL [°] | 9,6 – | 35,7 | 25,08 | 4,78 | 24,65 | 9,3 – | 35,7 | 23,91 | 5,11 | 24,30 | <0,001*** |
| | SGo:NMe [%] | 58,4 – | 73,8 | 65,33 | 3,67 | 64,95 | 57,8 – | 74,9 | 66,84 | 3,81 | 67,10 | <0,001*** |
| | NSp:SpMe [%] | 68,6 – | 102,0 | 83,36 | 6,67 | 81,75 | 68,2 – | 102,2 | 82,19 | 6,44 | 81,95 | <0,001*** |
| Kontrollgruppe | NL-NSL [°] | 0,2 – | 14,2 | 6,49 | 2,88 | 5,95 | 0,6 – | 14,5 | 6,59 | 2,99 | 6,15 | 0,424 |
| | ML-NSL [°] | 19,4 – | 45,2 | 34,04 | 5,53 | 34,55 | 18,8 – | 47,8 | 34,08 | 5,81 | 34,25 | 0,626 |
| | ML-NL [°] | 13,1 – | 40,0 | 27,57 | 5,14 | 27,40 | 14,1 – | 41,2 | 27,47 | 5,39 | 26,85 | 0,801 |
| | SGo:NMe [%] | 54,5 – | 77,8 | 64,23 | 4,65 | 63,70 | 53,2 – | 77,9 | 64,56 | 4,80 | 64,00 | 0,012* |
| | NSp:SpMe [%] | 69,8 – | 99,3 | 81,29 | 5,98 | 80,75 | 68,9 – | 96,4 | 81,16 | 5,81 | 81,00 | 0,620 |

Tabelle 4.5: Vergleich der Differenzen der Werte der vertikalen Kieferrelation von Sander-II-Gruppe (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit und gerechnet über ein Jahr sowie die Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben (M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Z = Median). In der Sander-II-Gruppe (n=102) betrug die reine Tragezeit 2,3 Jahre, die komplette Beobachtungszeit 3,63 Jahre. Die Beobachtungszeit in der Kontrollgruppe (n=64) lag bei 1,35 Jahren.

| Messwert | Sander-II-Gruppe | | | Kontrollgruppe | | | Signifikanz |
|--|------------------|------|-------|----------------|------|-------|-------------|
| | M | SD | Z | M | SD | Z | |
| <i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i> | | | | | | | |
| NL-NSL [°] | 0,40 | 1,31 | 0,40 | 0,11 | 0,98 | -0,10 | 0,080 |
| ML-NSL [°] | -0,76 | 1,79 | -0,75 | 0,03 | 1,24 | 0,20 | 0,002 ** |
| ML-NL [°] | -1,17 | 2,09 | -1,30 | -0,10 | 1,58 | 0,00 | <0,001 *** |
| SGo:NMe [%] | 1,50 | 1,72 | 1,45 | 0,32 | 0,93 | 0,40 | <0,001 *** |
| NSp:SpMe [%] | -1,18 | 2,92 | -1,30 | -0,13 | 2,53 | -0,10 | 0,018 * |
| <i>Jährliche Änderung</i> | | | | | | | |
| NL-NSL [°/Jahr] | 0,12 | 0,40 | 0,11 | 0,04 | 1,11 | -0,07 | 0,381 |
| ML-NSL [°/Jahr] | -0,19 | 0,49 | -0,22 | -0,03 | 1,23 | 0,12 | 0,012 * |
| ML-NL [°/Jahr] | -0,32 | 0,57 | -0,38 | -0,10 | 1,52 | 0,00 | 0,124 |
| SGo:NMe [%/Jahr] | 0,42 | 0,48 | 0,41 | 0,27 | 0,86 | 0,28 | 0,197 |
| NSp:SpMe [%/Jahr] | -0,40 | 0,92 | -0,43 | -0,17 | 2,55 | -0,15 | 0,354 |

Tabelle 4.6: Effektive jährliche Wachstumsbeeinflussung durch die Sander-II-Apparatur (Differenzen zwischen den Mittelwerten für die jährlichen Differenzen von Sander-II-Gruppe n=102 und Kontrollgruppe n=64) mit den Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben.

| Messwert | Mittelwert | Signifikanz |
|-------------------|------------|-------------|
| NL-NSL [°/Jahr] | +0,08 | 0,381 |
| ML-NSL [°/Jahr] | -0,16 | 0,012 * |
| ML-NL [°/Jahr] | -0,22 | 0,124 |
| SGo:NMe [%/Jahr] | +0,15 | 0,197 |
| NSp:SpMe [%/Jahr] | -0,23 | 0,354 |

NL-NSL

Der Winkel NL-NSL beschreibt die Inklinations des Oberkiefers relativ zur Nasion-Sella-Linie. Die Anfangswerte liegen bei $6,96^\circ$ in der Sander-II- und $6,49^\circ$ in der Kontrollgruppe. Lediglich der Vergleich der Anfangs- und Endwerte ist in der Sander-II-Gruppe sehr signifikant ($p = 0,002$; Tabelle 4.4). Der Winkel vergrößert sich innerhalb der Beobachtungszeit um $0,40^\circ$ in der Sander-II-Gruppe und um $0,11^\circ$ in der Kontrollgruppe. Jährlich gesehen betragen sich die Änderungen auf $0,12^\circ$ bzw. $0,04^\circ$ (Abbildung 4.6). Über den statistischen Vergleich ist weder über die komplette Behandlungsdauer noch jährlich ein signifikanter Einfluss der Sander-II-Apparatur gegenüber der Kontrollgruppe

auf die Inklination der Maxilla zu erkennen (komplette Behandlungsdauer: $p = 0,080$; jährliche Änderung: $p = 0,381$; Tabellen 4.5 und 4.6).

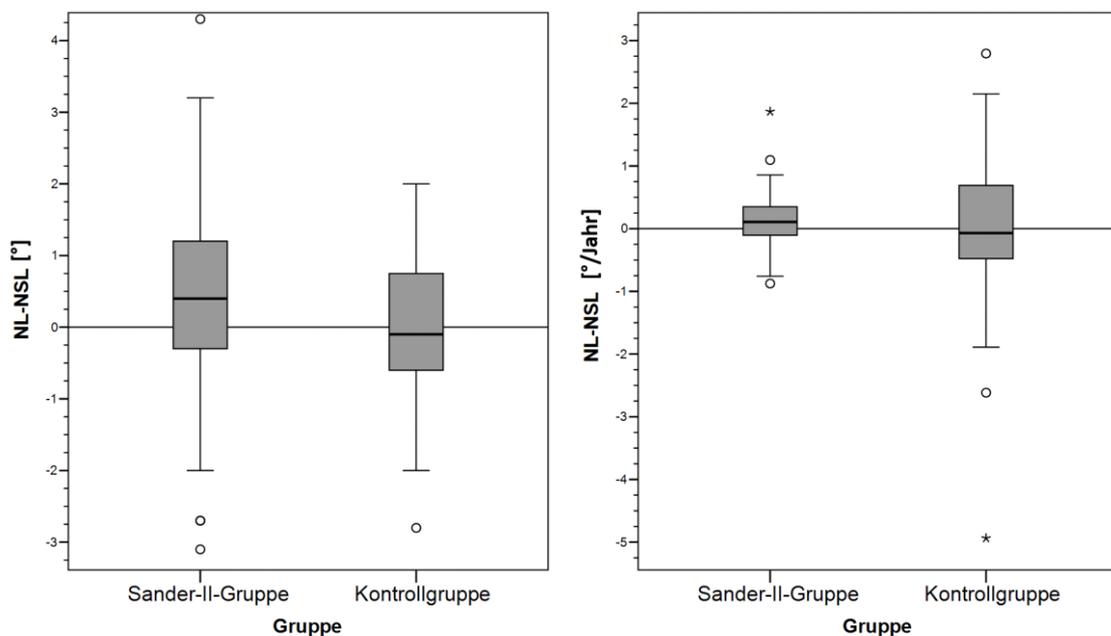


Abbildung 4.6: Vergleich der Änderungen des Winkels NL-NSL in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

ML-NSL

Der Winkel ML-NSL ist ein Indikator für die Inklination der Mandibula. Die Anfangswerte liegen bei $32,03^\circ$ in der Sander-II-Gruppe und $34,04^\circ$ in der Kontrollgruppe. Der Winkel ML-NSL verkleinert sich in der behandelten Untersuchungsgruppe um $0,76^\circ$ (komplette Behandlungszeit) bzw. um $0,19^\circ$ pro Jahr. Bei einem Vergleich der Anfangs- und Endwerte ergibt sich eine hohe Signifikanz ($p < 0,001$; Tabelle 4.4). Demgegenüber bleibt der Wert mit einer Vergrößerung um $0,03^\circ$ über die komplette Beobachtungszeit und einer Verkleinerung um $0,03^\circ$ pro Jahr in der Kontrollgruppe nahezu konstant (Abbildung 4.7). Die Sander-II-Apparatur bewirkt auch im jährlichen Vergleich eine signifikante anteriore Rotation des Unterkiefers ($p = 0,012$; Tabellen 4.5 und 4.6). Effektiv nimmt diese unter Sander-II-Behandlung um $0,16^\circ$ jährlich zu (Tabelle 4.6).

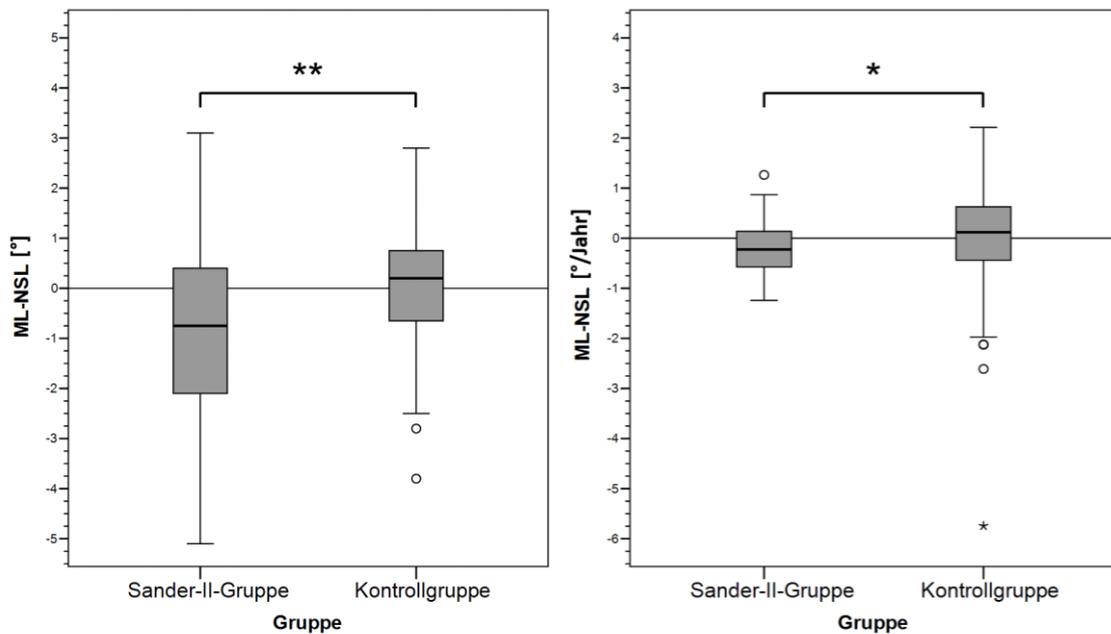


Abbildung 4.7: Vergleich der Änderungen des Winkels ML-NSL in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

ML-NL

Der Winkel ML-NL gibt die Neigung beider Kiefer zueinander an und fasst somit die Aussage der beiden vorhergehenden Winkel zusammen. Der Ausgangswert liegt mit $25,08^\circ$ in der Sander-II-Gruppe deutlich unter dem Wert von $27,57^\circ$ in der Kontrollgruppe. Beim statistischen Vergleich der Anfangs- und Endwerte ist in der Sander-II-Gruppe eine hohe Signifikanz zu erkennen, in der Kontrollgruppe ist keine Signifikanz erkennbar (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,801$; Tabelle 4.4). In der Kontrollgruppe ist keine Änderung der Inklination im Sinne eines natürlichen Wachstums abzulesen: die Mittelwerte bezogen auf den gesamten Beobachtungszeitraum und die jährliche Änderung betragen jeweils $-0,10^\circ$. Demgegenüber verkleinert sich der Winkel in der Sander-II-Gruppe um $1,17^\circ$ insgesamt bzw. $0,32^\circ$ jährlich (Abbildung 4.8). Dabei kommt es hauptsächlich zu einer anterioren Rotation des Unterkiefers und nur zu einer geringen posterioren Rotation des Oberkiefers.

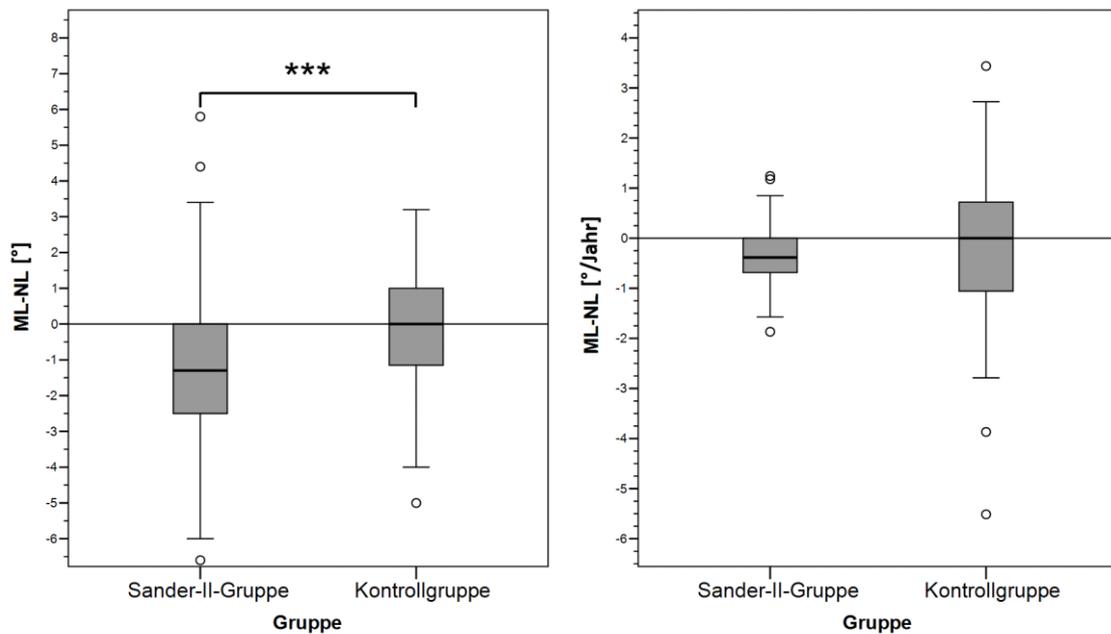


Abbildung 4.8: Vergleich der Änderungen des Winkels ML-NL in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

SGo:NMe

Das Verhältnis SGo:NMe lässt Rückschlüsse auf die Neigung des Unterkiefers zu. Die Werte zu Beginn liegen bei 65,33 % (Sander-II-Gruppe) und 64,23 % (Kontrollgruppe). Die Endwerte verändern sich gegenüber den Anfangswerten in der Sander-II-Gruppe hoch signifikant, in der Kontrollgruppe signifikant (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,012$; Tabelle 4.4). SGo:NMe vergrößert sich um 1,5 % in der Sander-II-Gruppe und um 0,32 % in der Kontrollgruppe. Jährlich sind dies 0,42 % (Sander-II-Gruppe) und 0,27 % (Kontrollgruppe) (Abbildung 4.9). Somit zeigt sich auch hier die verstärkte Anteinklination bei den Patienten mit der Sander-II-Apparatur. Diese ist im jährlichen Vergleich der Differenzen nicht signifikant ($p = 0,197$; Tabelle 4.5 und 4.6).

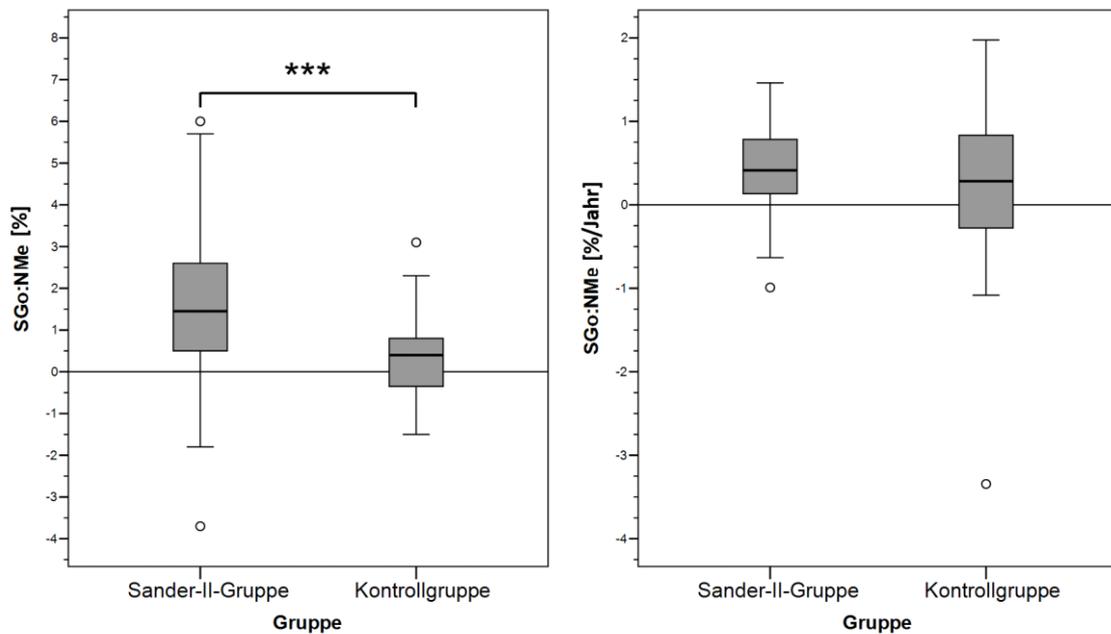


Abbildung 4.9: Vergleich der Änderungen des Verhältnisses SGo:NMe in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

N_{Sp}:S_{pMe}

N_{Sp}:S_{pMe} als Verhältnis zwischen oberer zu unterer Gesichtshälfte gibt mit 81,29 % eine anfänglich relativ vergrößerte untere Gesichtshälfte in der Kontrollgruppe gegenüber der Sander-II-Gruppe mit 83,36 % an. Beim statistischen Vergleich der Anfangs- und Endwerte ist in der Sander-II-Gruppe eine hohe Signifikanz abzulesen ($p < 0,001$). In der Kontrollgruppe ist diese nicht zu erkennen ($p = 0,620$; Tabelle 4.4). N_{Sp}:S_{pMe} reduziert sich um 0,4 % pro Jahr in der Sander-II-Gruppe. In der Kontrollgruppe sind es jährlich -0,17 %. Effektiv nimmt N_{Sp}:S_{pMe} um 0,23% unter Sander-II-Behandlung pro Jahr ab. Über die komplette Dauer der Untersuchung entspricht das einer Veränderung von -1,18 % in der Sander-II-Gruppe und von -0,13 % in der Kontrollgruppe (Abbildung 4.10). Nur bei Betrachtung der kompletten Beobachtungsdauer ist die Reduktion signifikant unterschiedlich (komplette Beobachtungsdauer: $p = 0,018$; jährliche Änderung: $p = 0,354$; Tabelle 4.5 und 4.6). Es ist also eine jährlich nicht signifikante, relative Vergrößerung der unteren zur oberen Gesichtshälfte in der Sander-II-Gruppe festzustellen.

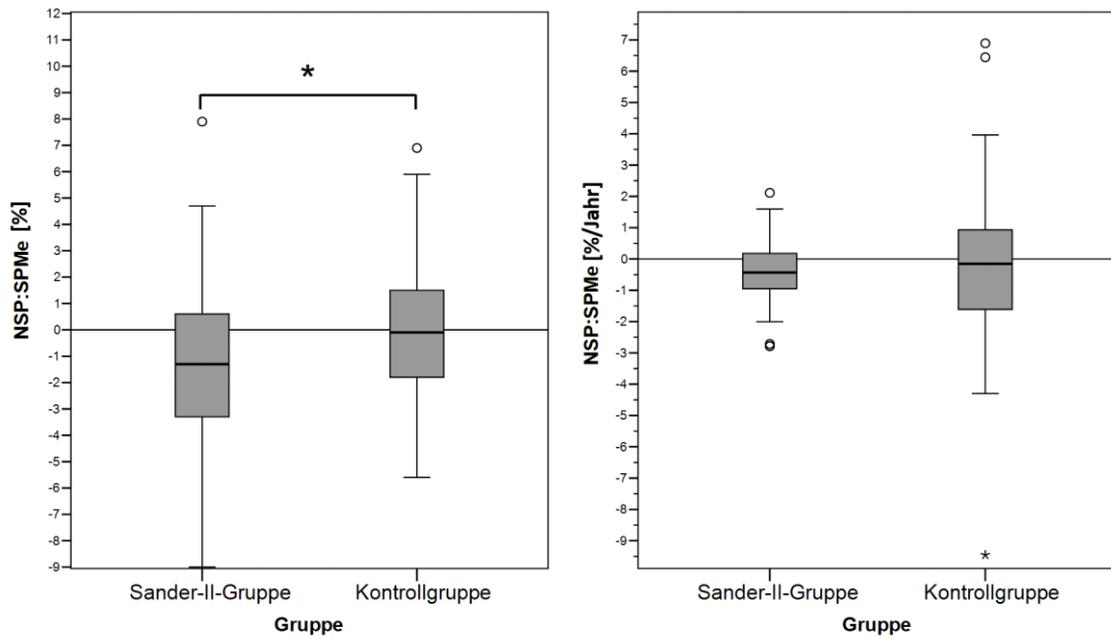


Abbildung 4.10: Vergleich der Änderungen des Verhältnisses NSP:SpMe in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summen-test ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

4.3 Dentale Lage und Inklination

Es folgt eine Darstellung der Ergebnisse der dentalen Lage und Inklination (Übersicht in den Tabellen 4.7 bis 4.9). Die vollständigen Tabellen befinden sich im Anhang (Tabellen 10.1 – 10.13).

Tabelle 4.7: Vergleich der Anfangs- und Endwerte der dentalen Lage und Inklination von Sander-II-Gruppe (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) und die Signifikanz (p ≤ 0,05 = signifikant (*); p ≤ 0,01 = sehr signifikant (**); p ≤ 0,001 = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtest ergeben (M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Z = Median). In der Sander-II-Gruppe (n=102) betrug die reine Tragezeit 2,3 Jahre, die komplette Beobachtungszeit 3,63 Jahre. Die Beobachtungszeit in der Kontrollgruppe (n=64) lag bei 1,35 Jahren.

| Gruppe | Messwert | Anfang | | | Ende | | | Signifikanz | | |
|------------------|----------------|---------------|--------|-------|--------|---------------|--------|-------------|--------|------------|
| | | Bereich | M | SD | Z | Bereich | M | | SD | Z |
| Sander-II-Gruppe | OK1-UK1 [°] | 97,2 – 152,1 | 122,1 | 10,92 | 120,80 | 105,1 – 151,6 | 126,99 | 9,31 | 125,90 | <0,001 *** |
| | OK1-NSL [°] | 85,9 – 131,6 | 106,36 | 9,10 | 107,15 | 88,1 – 118,5 | 102,70 | 6,62 | 103,05 | <0,001 *** |
| | OK1-NA [°] | 1,3 – 43,8 | 24,53 | 8,26 | 24,70 | 7,6 – 33,9 | 21,32 | 5,70 | 22,15 | <0,001 *** |
| | UK1-ML [°] | 86,5 – 116,0 | 99,38 | 6,38 | 99,40 | 84,9 – 114,8 | 99,05 | 6,24 | 98,65 | 0,474 |
| | UK1-NB [°] | 10,5 – 41,9 | 27,45 | 5,54 | 27,70 | 11,9 – 40,7 | 27,66 | 5,42 | 27,80 | 0,469 |
| | IsOK_OLp [mm] | 62,1 – 85,2 | 75,16 | 4,26 | 75,30 | 61,2 – 88,6 | 77,84 | 5,18 | 78,05 | <0,001 *** |
| Kontrollgruppe | IsUK_OLp [mm] | 58,6 – 82,2 | 70,92 | 4,60 | 71,15 | 58,6 – 84,3 | 75,54 | 5,21 | 75,40 | <0,001 *** |
| | Mp6OK_OLp [mm] | 38,2 – 57,1 | 47,15 | 3,82 | 46,85 | 37,2 – 61,2 | 50,27 | 4,42 | 50,00 | <0,001 *** |
| | Mp6UK_OLp [mm] | 35,5 – 54,6 | 45,22 | 4,14 | 44,85 | 37,0 – 61,8 | 51,57 | 5,00 | 51,05 | <0,001 *** |
| | OK1-UK1 [°] | 109,8 – 160,5 | 131,23 | 10,28 | 129,70 | 110,2 – 156,7 | 130,49 | 9,51 | 130,45 | 0,649 |
| | OK1-NSL [°] | 77,0 – 117,1 | 100,31 | 7,60 | 100,50 | 81,0 – 116,1 | 100,26 | 6,48 | 100,15 | 0,763 |
| | OK1-NA [°] | 1,6 – 34,9 | 20,28 | 6,97 | 20,90 | 5,2 – 32,8 | 20,36 | 5,63 | 20,50 | 0,888 |
| Kontrollgruppe | UK1-ML [°] | 80,8 – 109,8 | 94,42 | 6,33 | 94,95 | 77,7 – 109,3 | 95,18 | 6,76 | 95,90 | 0,321 |
| | UK1-NB [°] | 12,0 – 38,0 | 24,11 | 5,80 | 24,40 | 10,5 – 35,3 | 25,22 | 6,19 | 26,20 | 0,091 |
| | IsOK_OLp [mm] | 57,6 – 80,4 | 72,35 | 4,72 | 72,65 | 59,1 – 83,1 | 73,39 | 4,97 | 72,65 | 0,003 ** |
| | IsUK_OLp [mm] | 56,3 – 78,3 | 69,63 | 5,06 | 69,95 | 56,9 – 82,4 | 71,17 | 5,48 | 71,25 | <0,001 *** |
| Kontrollgruppe | Mp6OK_OLp [mm] | 35,7 – 52,6 | 45,47 | 3,40 | 45,65 | 36,5 – 54,5 | 46,29 | 3,80 | 46,25 | 0,010 ** |
| | Mp6UK_OLp [mm] | 33,1 – 52,1 | 45,59 | 3,85 | 45,45 | 35,8 – 56,4 | 46,95 | 4,07 | 46,90 | 0,001 *** |

Tabelle 4.8: Vergleich der Differenzen der Werte der dentalen Lage und Inklination von Sander-II-Gruppe (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit und gerechnet über ein Jahr sowie die Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben (M = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Z = Median). In der Sander-II-Gruppe (n=102) betrug die reine Tragezeit 2,3 Jahre, die komplette Beobachtungszeit 3,63 Jahre. Die Beobachtungszeit in der Kontrollgruppe (n=64) lag bei 1,35 Jahren.

| Messwert | Sander-II-Gruppe | | | Kontrollgruppe | | | Signifikanz |
|--|------------------|------|-------|----------------|------|-------|-------------|
| | M | SD | Z | M | SD | Z | |
| <i>Differenz über die komplette Beobachtungszeit</i> | | | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 4,80 | 6,94 | 5,30 | -0,74 | 8,32 | -0,35 | <0,001 *** |
| OK1-NSL [°] | -3,65 | 6,23 | -2,80 | -0,05 | 5,57 | -0,50 | <0,001 *** |
| OK1-NA [°] | -3,22 | 6,28 | -2,95 | 0,08 | 5,60 | -0,45 | 0,001 *** |
| UK1-ML [°] | -0,33 | 3,68 | -0,20 | 0,76 | 4,22 | 0,50 | 0,206 |
| UK1-NB [°] | 0,21 | 3,74 | 0,45 | 1,11 | 4,26 | 1,10 | 0,344 |
| IsOK_OLp [mm] | 2,68 | 2,94 | 2,75 | 1,04 | 1,98 | 0,75 | <0,001 *** |
| IsUK_OLp [mm] | 4,62 | 3,05 | 4,75 | 1,54 | 2,13 | 1,05 | <0,001 *** |
| Mp6OK_OLp [mm] | 3,12 | 2,61 | 2,90 | 0,81 | 1,89 | 0,70 | <0,001 *** |
| Mp6UK_OLp [mm] | 6,35 | 3,03 | 6,15 | 1,35 | 2,32 | 0,80 | <0,001 *** |
| <i>Jährliche Änderung</i> | | | | | | | |
| OK1-UK1 [°/Jahr] | 1,18 | 2,43 | 1,47 | -0,05 | 6,39 | -0,37 | 0,053 |
| OK1-NSL [°/Jahr] | -0,96 | 2,03 | -0,88 | -0,20 | 4,12 | -0,59 | 0,175 |
| OK1-NA [°/Jahr] | -0,81 | 2,12 | -0,76 | -0,13 | 4,15 | -0,47 | 0,238 |
| UK1-ML [°/Jahr] | -0,02 | 1,27 | -0,05 | 0,27 | 3,66 | 0,35 | 0,278 |
| UK1-NB [°/Jahr] | 0,16 | 1,30 | 0,13 | 0,53 | 3,64 | 0,55 | 0,206 |
| IsOK_OLp [mm/Jahr] | 0,85 | 1,10 | 0,75 | 0,85 | 1,99 | 1,03 | 0,673 |
| IsUK_OLp [mm/Jahr] | 1,41 | 1,13 | 1,25 | 1,29 | 1,93 | 1,30 | 0,616 |
| Mp6OK_OLp [mm/Jahr] | 0,91 | 0,76 | 0,83 | 0,64 | 1,45 | 0,68 | 0,164 |
| Mp6UK_OLp [mm/Jahr] | 1,87 | 0,98 | 1,84 | 1,18 | 1,95 | 1,23 | 0,005 ** |

Tabelle 4.9: Effektive jährliche Wachstumsbeeinflussung durch die Sander-II-Apparatur (Differenzen zwischen den Mittelwerten für die jährlichen Differenzen von Sander-II-Gruppe n=102 und Kontrollgruppe n=64) mit den Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben.

| Messwert | Mittelwert | Signifikanz |
|---------------------|------------|-------------|
| OK1-UK1 [°/Jahr] | +1,23 | 0,053 |
| OK1-NSL [°/Jahr] | -0,76 | 0,175 |
| OK1-NA [°/Jahr] | -0,68 | 0,238 |
| UK1-ML [°/Jahr] | -0,29 | 0,278 |
| UK1-NB [°/Jahr] | -0,37 | 0,206 |
| IsOK_OLp [mm/Jahr] | +0,00 | 0,673 |
| IsUK_OLp [mm/Jahr] | +0,12 | 0,616 |
| Mp6OK_OLp [mm/Jahr] | +0,27 | 0,164 |
| Mp6UK_OLp [mm/Jahr] | +0,69 | 0,005 ** |

OK1-UK1

Der Winkel OK1-UK1 gibt die Beziehung der Achsen der mittleren Incisivi beider Kiefer zueinander an. In der Sander-II-Gruppe ist der Ausgangswert mit $122,12^\circ$ deutlich niedriger als in der Kontrollgruppe mit $131,23^\circ$ (Tabelle 4.7). OK1-UK1 vergrößert sich in der Sander-II-Gruppe um $4,80^\circ$. Jährlich entspricht das einer Vergrößerung um $1,18^\circ$. In der Kontrollgruppe ist eine Reduktion um $0,74^\circ$ über die komplette Zeit und um $0,05^\circ$ pro Jahr festgestellt worden (Abbildung 4.11). Diese Veränderung ist bei statistischer Gegenüberstellung von Anfangs- und Endbefund in der Sander-II-Gruppe hoch signifikant ($p < 0,001$; Tabelle 4.7). In der Kontrollgruppe ist keine Signifikanz festzustellen ($p = 0,649$). Es zeigt sich also eine deutliche Beeinflussung der Inklination der Incisivi in der Sander-II-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe.

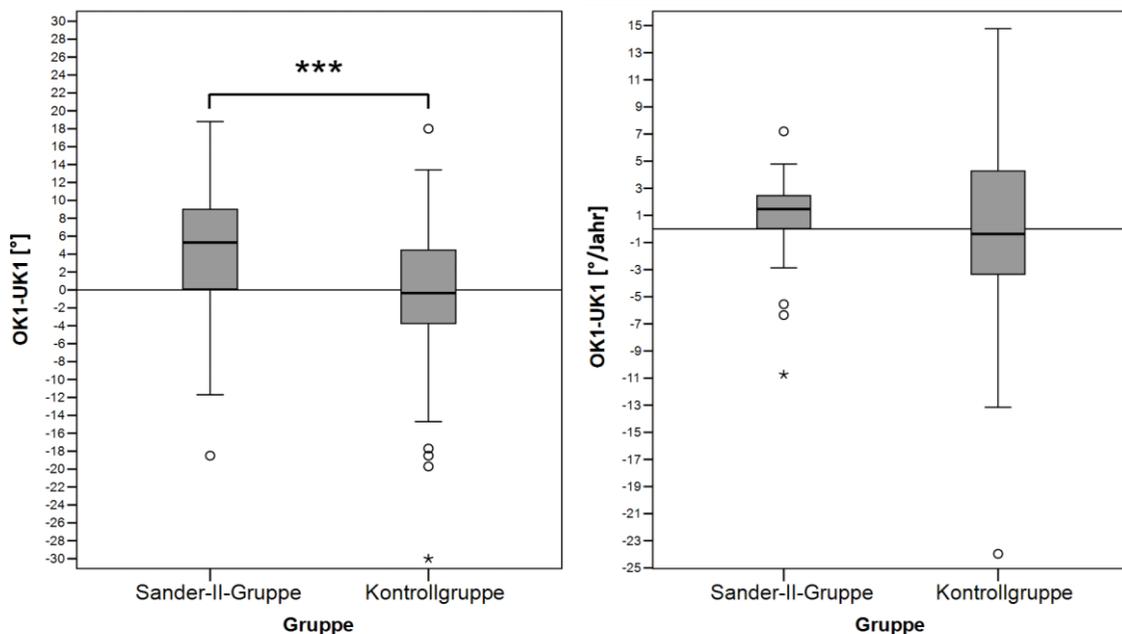


Abbildung 4.11: Vergleich der Änderungen des Winkels OK1-UK1 in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

OK1-NSL

Der Winkel OK1-NSL gibt die Neigung der mittleren oberen Incisivi zur Nasion-Sella-Linie an. Mit durchschnittlich $106,36^\circ$ sind die oberen Frontzähne zu Beginn deutlich weiter prokliniert als in der Kontrollgruppe mit $100,31^\circ$. Bei der statistischen Gegenüber-

stellung der Angangs- und Endwerte ist nur in der Sander-II-Gruppe eine hohe Signifikanz zu erkennen (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,736$; Tabelle 4.7). Eine Reduktion um $3,65^\circ$ in der Sander-II-Gruppe steht einer Reduktion um $0,05^\circ$ in der Kontrollgruppe gegenüber. Jährlich betrachtet sind das $-0,96^\circ$ (Sander-II-Gruppe) und $-0,20^\circ$ (Kontrollgruppe) (Abbildung 4.12). Effektiv kippen die Oberkieferfrontzähne also um $0,76^\circ$ zusätzlich pro Jahr unter Sander-II-Therapie (Tabelle 4.9). Die Differenzen unterscheiden sich über die komplette Beobachtungszeit hoch signifikant ($p < 0,001$; Tabelle 4.8). Im jährlichen Vergleich wird diese Signifikanz nicht bestätigt ($p = 0,175$).

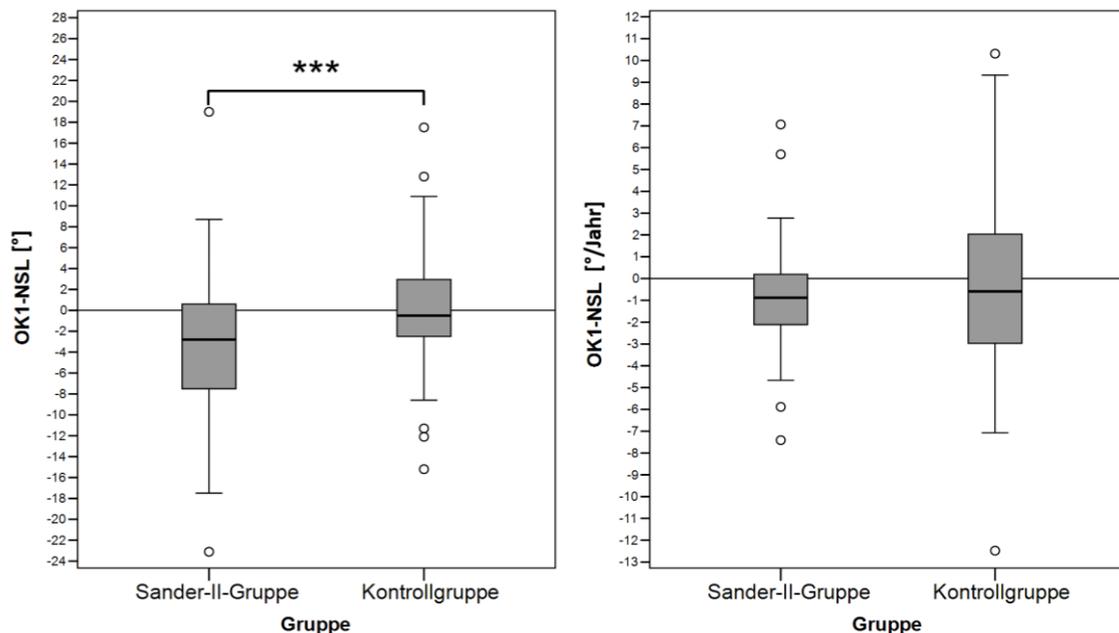


Abbildung 4.12: Vergleich der Änderungen des Winkels OK1-NSL in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

OK1-NA

Der Winkel OK1-NA ist ein Indikator für die Frontzahnstellung des Oberkiefers in Bezug zur Linie NA. Die Ausgangswerte von $24,53^\circ$ (Sander-II-Gruppe) und $20,28^\circ$ (Kontrollgruppe) zeigen die relative Proklination bei den Sander-II-Patienten (Tabelle 4.7). In der Kontrollgruppe konnte eine jährliche Abnahme um $0,13^\circ$ und eine Zunahme um $0,08^\circ$ über die komplette Zeit festgestellt werden (Tabelle 4.8). Der Wert bleibt also relativ konstant. Bei Gegenüberstellung von Anfangs- und Endbefund ist keine Signifikanz zu erkennen ($p = 0,888$; Tabelle 4.7). In der Sander-II-Gruppe reduziert sich OK1-NA

insgesamt um $3,22^\circ$ bzw. jährlich um $0,81^\circ$ (Abbildung 4.13). Der Wert nach Behandlung hat sich gegenüber dem Wert vor Behandlung hoch signifikant verändert ($p < 0,001$; Tabelle 4.7). Über den gesamten Zeitraum, nicht jedoch über ein Jahr ist eine hohe Signifikanz gegenüber dem Kontrollkollektiv abzuleiten (komplette Beobachtungszeit: $p = 0,001$; jährliche Änderung: $p = 0,238$; Tabellen 4.8 und 4.9). In der Sander-II-Gruppe ist gegenüber der Kontrollgruppe also eine Retroklination der Oberkieferfrontzähne zu beobachten.

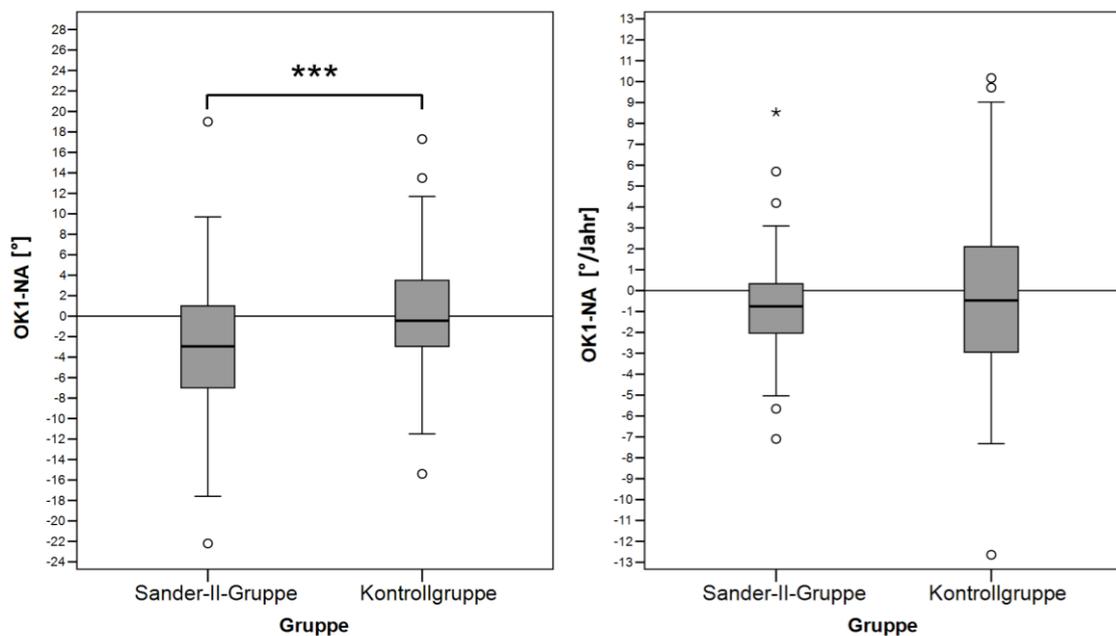


Abbildung 4.13: Vergleich der Änderungen des Winkels OK1-NA in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

UK1-ML

Der Winkel UK1-ML zeigt die Neigung der Incisivi des Unterkiefers gegenüber der Mandibularlinie an. Die Ausgangswerte liegen bei $99,38^\circ$ in der Sander-II-Gruppe und $94,42^\circ$ in der Kontrollgruppe. Somit sind die Unterkieferfrontzähne bei den Sander-II-Patienten weiter prokliniert. Während sich der Winkel in der Sander-II-Gruppe um $0,33^\circ$ verkleinert, vergrößert er sich in der Kontrollgruppe um $0,76^\circ$. In der Sander-II-Gruppe betrug die jährliche Veränderung des UK1-ML-Winkels $-0,02^\circ$, in der Kontrollgruppe $+0,27^\circ$ (Abbildung 4.14). Effektiv wird bei den Sander-II-Patienten also eine Zunahme des UK1-ML um $0,29^\circ$ pro Jahr verhindert (Tabelle 4.9). Die Ergebnisse lassen also eine

Labialkippung der Unterkieferfrontzähne in der Kontrollgruppe gegenüber der Sander-II-Gruppe erkennen. Der statistische Vergleich der Ergebnisse ergibt keine Signifikanz (Sander-II-Gruppe: $p = 0,474$; Kontrollgruppe: $p = 0,321$ im Vergleich Anfangs- & Endwerte; komplette Beobachtungszeit: $p = 0,206$; jährliche Änderung: $p = 0,278$ im Vergleich der Differenzen; Tabellen 4.7 - 4.9).

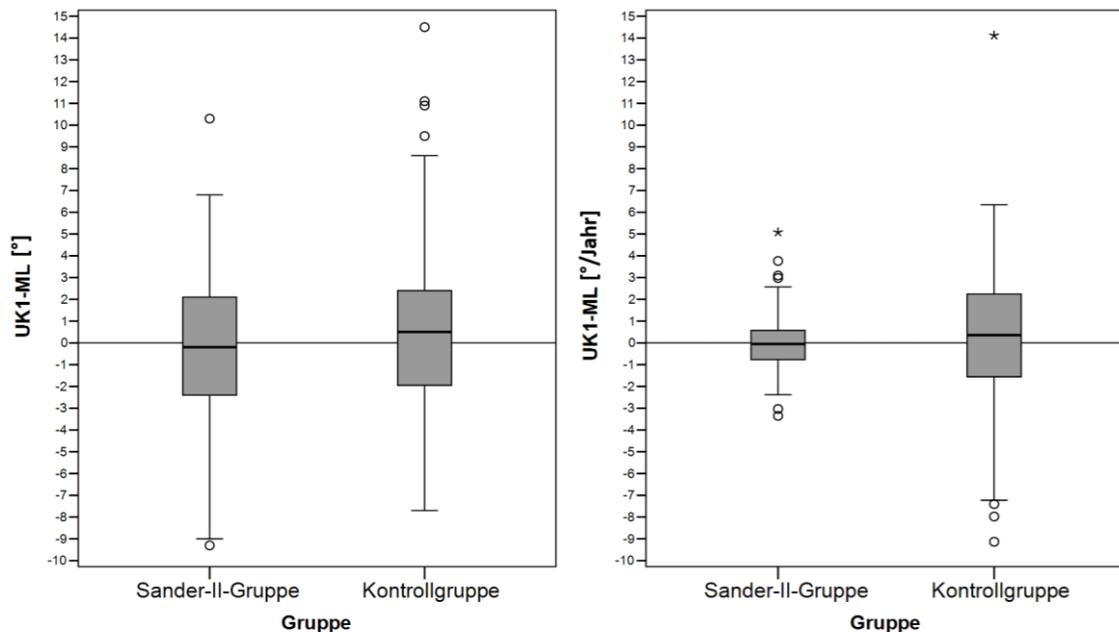


Abbildung 4.14: Vergleich der Änderungen des Winkels UK1-ML in Sander-II- ($n=102$) und Kontrollgruppe ($n=64$) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

UK1-NB

Der Winkel UK1-NB ist ebenfalls ein Parameter für die Neigung der Unterkieferfrontzähne in Bezug zur Linie NB. Die anfänglichen Durchschnittswerte lagen bei $27,45^\circ$ in der Sander-II-Gruppe und $24,11^\circ$ in der Kontrollgruppe (Tabelle 4.7). Jährlich vergrößert sich der Winkel um $0,16^\circ$ in der Sander-II-Gruppe und um $0,53^\circ$ in der Kontrollgruppe. Über die komplette Zeit entspricht das $0,21^\circ$ in Sander-II- und $1,11^\circ$ in Kontrollgruppe (Abbildung 4.15). Wie auch beim Winkel UK1-ML waren die Unterschiede nicht signifikant (Sander-II-Gruppe: $p = 0,469$; Kontrollgruppe: $p = 0,091$ im Vergleich Anfangs- & Endwerte; komplette Beobachtungszeit: $p = 0,344$; jährliche Änderung: $p = 0,206$ im Vergleich der Differenzen; Tabellen 4.7 - 4.9). In der unbehandelten

Kontrollgruppe ist bei Betrachtung der Mittelwerte eine größere Proklination gegenüber der Sander-II-Gruppe festzustellen.

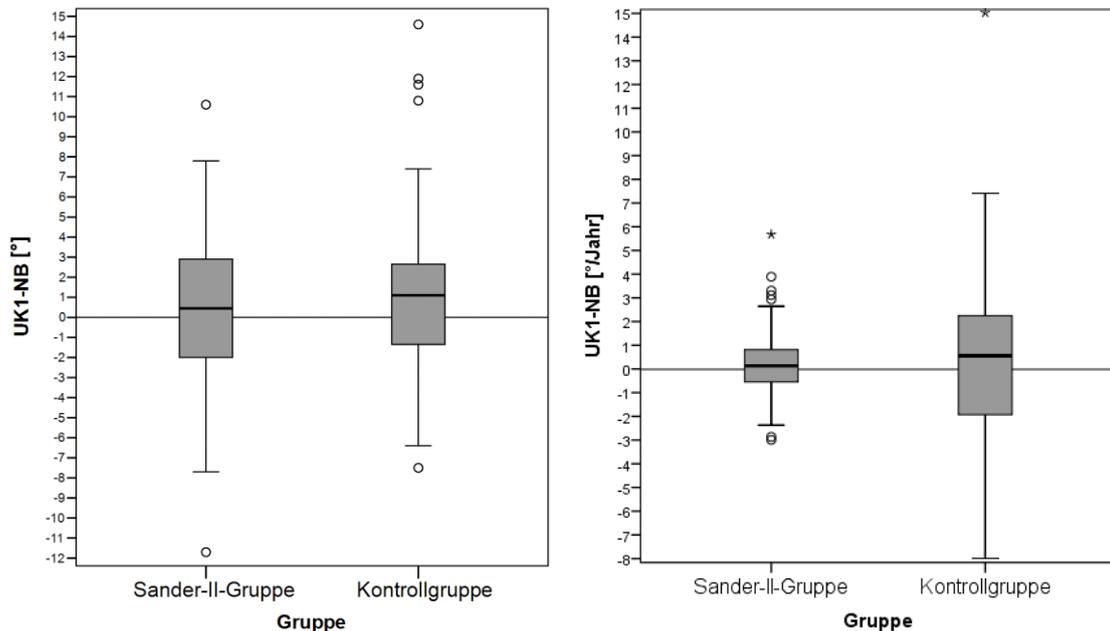


Abbildung 4.15: Vergleich der Änderungen des Winkels UK1-NB in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und dessen jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

IsOK_OLp

Die Strecke IsOK_OLp gibt die Lage der Schneidekante der mittleren oberen Schneidezähne in der Sagittalen an. Zu Beginn der Untersuchung liegt die Strecke mit 75,16 mm in der Sander-II-Gruppe fast 3 mm über dem Wert der Kontrollgruppe mit 72,35 mm. Die Endwerte verändern sich zu den Anfangswerten in der Sander-II-Gruppe hoch signifikant, in der Kontrollgruppe sehr signifikant (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,003$; Tabelle 4.7). Bei Betrachtung der kompletten Behandlungszeit vergrößert sich die Strecke Sander-II-Gruppe um 2,68 mm und um 1,04 mm in der Kontrollgruppe. Jährlich gesehen ist die Streckenzunahme mit 0,85 mm in beiden Gruppen identisch und nicht signifikant ($p = 0,673$; Tabellen 4.8 und 4.9, Abbildung 4.16).

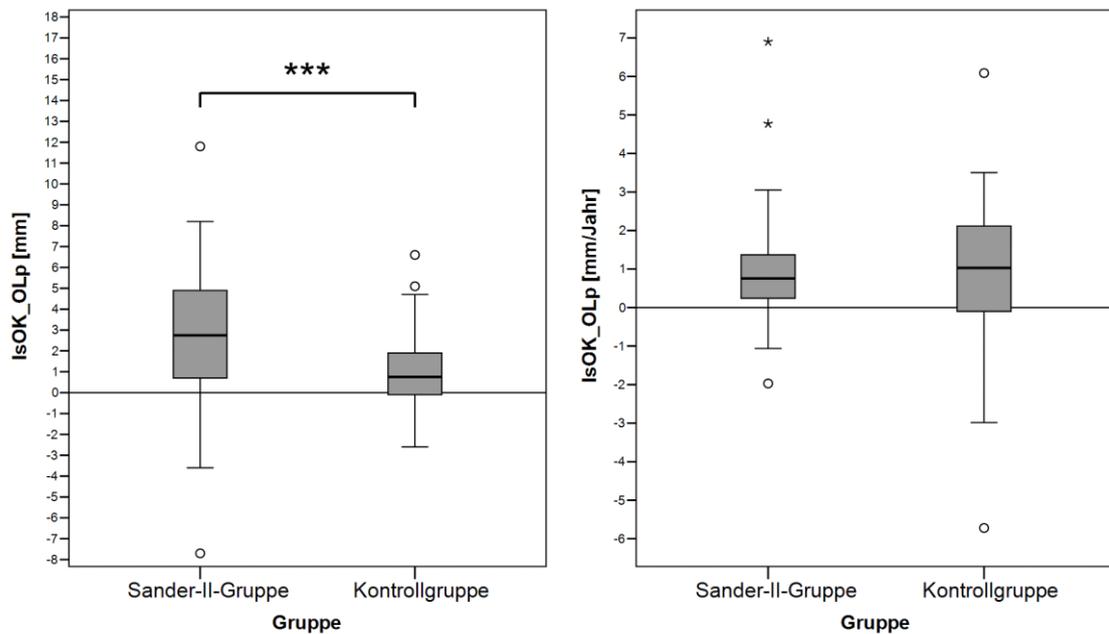


Abbildung 4.16: Vergleich der Änderungen der Strecke IsOK_OLp in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und deren jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

IsUK_OLp

Die Strecke IsUK_OLp gibt die sagittale Lage der Schneidekanten der mittleren unteren Incisivi an. Der Ausgangswert liegt in der Sander-II-Gruppe mit 70,92 mm leicht über dem Wert der Kontrollgruppe mit 69,63 mm. Die Endwerte sind gegenüber den Anfangswerten in beiden Gruppen hoch signifikant (jeweils $p < 0,001$; Tabelle 4.7). Insgesamt vergrößert sich IsUK_OLp um 4,62 mm in der Sander-II- und um 1,54 mm in der Kontrollgruppe. Jährlich sind Zunahmen um 1,41 mm (Sander-II-Gruppe) und um 1,29 mm (Kontrollgruppe) zu verzeichnen (Abbildung 4.17). Lediglich über die komplette Behandlungszeit ist eine hohe Signifikanz festzustellen (komplette Beobachtungszeit: $p < 0,001$; jährliche Änderung: $p = 0,616$; Tabelle 4.8). Die Schneidekanten der Frontzähne liegen nach Behandlung mit der Sander-II-Apparatur weiter ventral als in der Kontrollgruppe.

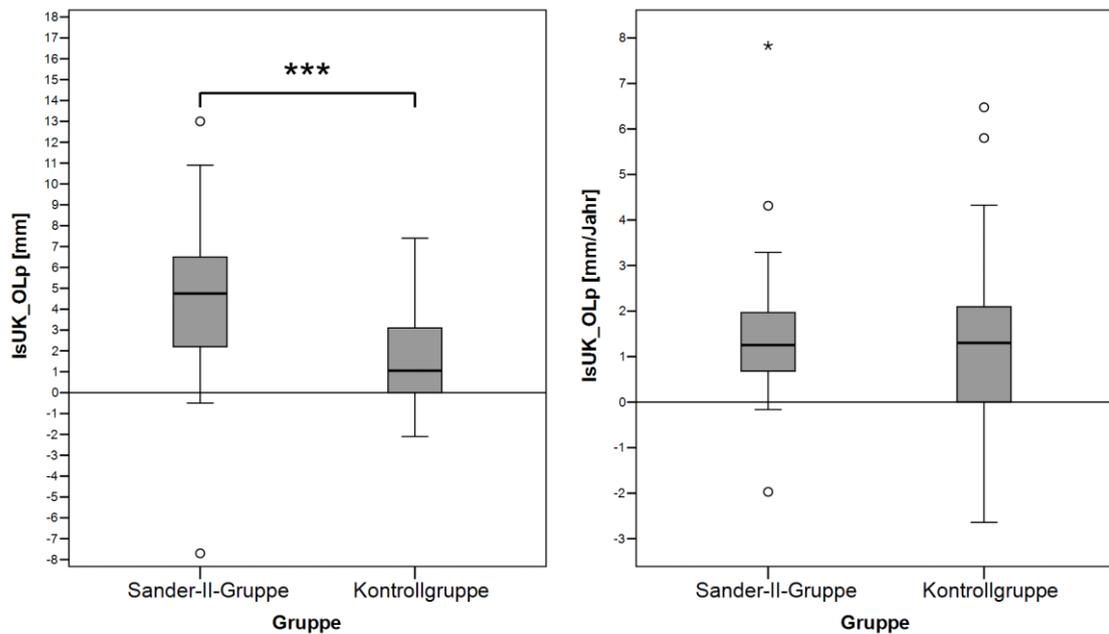


Abbildung 4.17: Vergleich der Änderungen der Strecke IsUK_OLp in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und deren jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

Mp6OK_OLp

Die Strecke Mp6OK_OLp gibt die sagittale Lage der ersten oberen Molaren an. Zu Beginn befindet dieser mit 47,15 mm in der Sander-II-Gruppe weiter ventral als in der Kontrollgruppe mit 45,47 mm. In der Sander-II-Gruppe vergrößert sich der Endwert gegenüber dem Ausgangswert hoch signifikant, in der Kontrollgruppe sehr signifikant (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,010$; Tabelle 4.7). Mit einer jährlichen Zunahme von 0,91 mm vergrößert sich die Strecke in der Sander-II-Gruppe nicht signifikant mehr als in der Kontrollgruppe ($p = 0,164$; Tabellen 4.8 und 4.9). Hier ist eine Zunahme um 0,64 mm zu verzeichnen. Nach der kompletten Untersuchungszeit liegt der Molar um 3,12 mm (Sander-II-Gruppe) und um 0,81 mm (Kontrollgruppe) weiter ventral (Abbildung 4.18). Beim statistischen Vergleich der Differenzen lässt sich nur über den kompletten Zeitraum, nicht aber über ein Jahr, eine hohe Signifikanz ableiten (komplette Beobachtungszeit: $p < 0,001$; jährliche Änderung: $p = 0,164$; Tabellen 4.8 und 4.9).

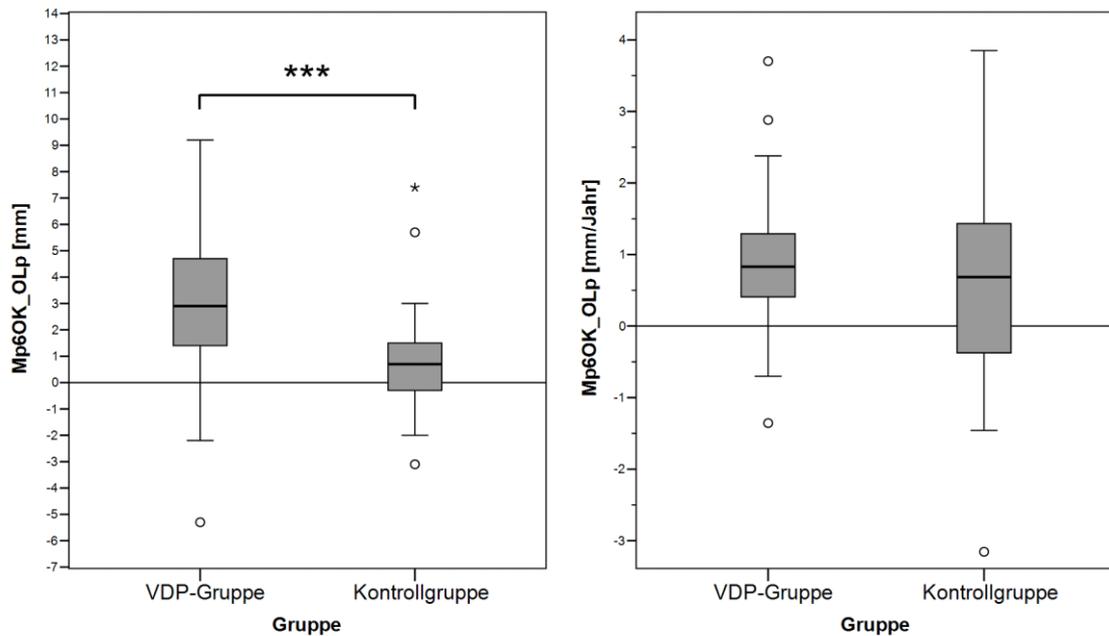


Abbildung 4.18: Vergleich der Änderungen der Strecke Mp6OK_OLp in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und deren jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

Mp6UK_OLp

Diese Strecke gibt die sagittale Lage der unteren Sechsjahrmolaren an. Die Werte zu Beginn der Untersuchung liegen mit 45,22 mm (Sander-II-Gruppe) und 45,59 mm (Kontrollgruppe) sehr nahe beieinander. In beiden Untersuchungsgruppen ändern sich die Endwerte gegenüber den Ausgangswerten hoch signifikant (Sander-II-Gruppe: $p < 0,001$; Kontrollgruppe: $p = 0,001$; Tabelle 4.7). Nach Abschluss der Behandlung ist eine Ventralwanderung des Punktes Mp6UK um 6,35 mm in der Sander-II-Gruppe zu verzeichnen. Diesem Wert stehen 1,35 mm in der Kontrollgruppe gegenüber. Jährlich entspricht das einer Vergrößerung von Mp6UK_OLp um 1,87 mm in der Sander-II-Gruppe und 1,18 mm in der Kontrollgruppe (Abbildung 4.19). Die jährliche Zunahme von Mp6UK_OLp liegt also in der Sander-II-Gruppe um 0,69 mm höher als in der Kontrollgruppe. Beim statistischen Vergleich ist diese Differenz sogar jährlich gesehen sehr signifikant ($p = 0,005$; Tabellen 4.8 und 4.9). Somit ist eine signifikante Zunahme der Ventralwanderung des ersten unteren Molaren in der Sander-II-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe zu beobachten.

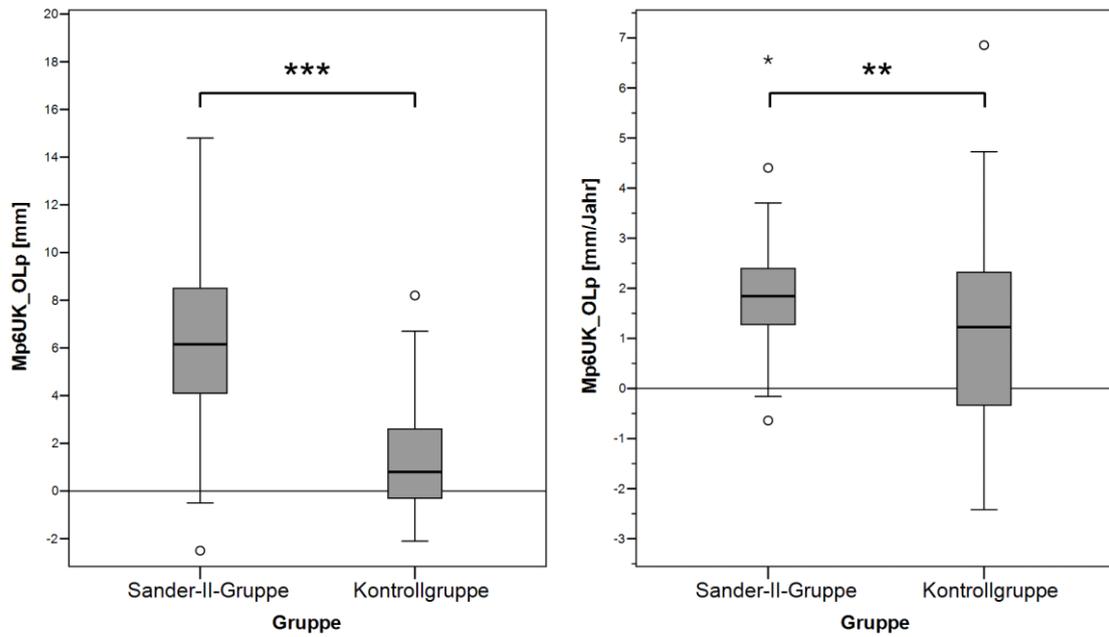


Abbildung 4.19: Vergleich der Änderungen der Strecke Mp6UK_OLp [mm] in Sander-II- (n=102) und Kontrollgruppe (n=64) über die komplette Behandlungszeit (links) und deren jährliche Änderung (rechts) sowie die Signifikanz, die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summen-test ergibt (*: $p \leq 0,05$; **: $p \leq 0,01$; ***: $p \leq 0,001$).

5 Diskussion

5.1 Patienten

Die 102 Patienten in der Sander-II-Gruppe unterteilen sich in 43 männliche und 59 weibliche Patienten. In der Kontrollgruppe wurden bei insgesamt 64 Patienten 29 männliche und 35 weibliche untersucht.

Die Behandlungszeit in der Sander-II-Gruppe liegt mit 2,30 Jahren deutlich über der Beobachtungszeit der unbehandelten Gruppe mit 1,35 Jahren. In der Sander-II-Gruppe liegt die Beobachtungszeit mit 3,63 Jahren zudem deutlich über der Behandlungszeit. Gründe dafür sind Behandlungspausen und die Tatsache, dass die abschließenden Röntgenbilder teilweise nicht gleichzeitig mit der Beendigung der Sander-II-Therapie aufgenommen wurden. Die Auswertung fand auf Basis der reinen Behandlungsdauer statt.

Die Compliance spielt in der Kieferorthopädie eine große Rolle. Tsomos et al. (2014) zeigten, dass von einer starken Divergenz zwischen empfohlener und tatsächlicher Tragedauer auszugehen ist. So wurden einem Behandlungskollektiv eine Tragedauer von 14 und einem Retentionskollektiv von 8 Stunden täglich empfohlen. Die Tragedauer, die mittels Mikrosensor aufgezeichnet wurde, betrug in beiden Gruppen 9 Stunden. Durch Verbesserung der Compliance ist also jedes Behandlungsergebnis steigerbar. Nachteil einer retrospektiven Studie wie dieser ist die Schwierigkeit der Einschätzung der tatsächlichen Compliance. Dadurch geben die Ergebnisse aber auch den zu erwartenden Effekt bei durchschnittlichen Patienten wider.

5.2 Methoden

Die Sander-II-Apparaturen wurden bis hin zu den Drahtelementen und der Neigung der Stege vom selben Zahntechniker identisch hergestellt.

Wie Sander und Wichelhaus (1995) feststellten, wird mit zunehmendem Ventralwachstum des Unterkiefers der Reiz zu weiterem Wachstum durch das Behandlungsgerät geringer. Somit wäre das Ergebnis bei Anfertigung eines neuen Konstruktionsbisses und einer neuen Sander-II-Apparatur steigerbar.

Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse einer kephalometrischen Analyse wurde in der Literatur ausreichend beschrieben. Houston et al. (1986) und Cooke und Wei (1991) ermittelten die Messfehler, die sich bei der Analyse zweier Röntgenbilder ergaben, die zur gleichen Zeit vom gleichen Patienten aufgenommen wurden. Zusätzlich wurden in beiden Studien dieselben Röntgenbilder zweimal durchgezeichnet um die Intra-behandlervariabilität zu bestimmen. Die Ergebnisse von Houston et al. (1986) geben an, dass die Variabilität zwischen den einzelnen Röntgenbildern gegenüber der Intra-behandlervariabilität zu vernachlässigen ist. Cooke und Wei (1991) schreiben dagegen, dass sich die Messfehler der Intra-behandlervariabilität durch Mehrfachaufnahme durchschnittlich verdoppeln. Bei der Intra-behandlervariabilität stellt Kamoen et al. (2001) eine starke Abhängigkeit von der Qualität des Röntgenbilds fest. Unabhängig davon sind Referenzpunkte unterschiedlich gut reproduzierbar. Während Sella und Nasion in der Regel leicht zu bestimmen sind, zeigen die Punkte B und vor allem A eine große Varianz (Houston et al. 1986; Kamoen et al. 2001). Cooke und Wei (1991) geben an, dass Referenzpunkte der Mediansagittalebene einfacher zu bestimmen sind als bilaterale Punkte. So entstehen auch bei optimaler Kopflage des Patienten im Kephalostaten durch die unterschiedlichen Abstände von bilateralen Punkten von der Bildebene Doppelkonturen. Die schwierigste Reproduzierbarkeit sehen sie allerdings bei der Okklusions-ebene und den Achsen der Frontzähne. Der relative technische Messfehler im Sinne der Intra-behandlervariabilität lag in bei vorliegender Studie bei allen Variablen außer ANB, NL-NSL und OK1-NA unter 5% (siehe Tabelle 3.2). Die hohen Messgenauigkeiten ergeben sich bei diesen drei Variablen aus den geringen numerischen Werten, bei denen 5% leicht überschritten sind. So sind bei Normwerten z.B. für den ANB von 0-4° (Sander 2011) 5% Abweichung kaum zu vermeiden. Da die Neigung der Incisiven, aufgrund der teilweise schwierigen Bestimmung der Lage (Cooke und Wei 1991; Houston et al. 1986; Kamoen et al. 2001), nicht immer eindeutig ist, liegt der relative technische Messfehler für OK1-NA ebenfalls leicht über 5%. Bei den anderen Winkeln der dentalen Lage und Inklination kommt dieser Umstand deswegen nicht zum Ausdruck, weil die absoluten Werte weit höher liegen.

Die Punkte A und B sind als skelettale Referenzpunkte in der Analyse der sagittalen Kieferrelation ohne Alternative. Doch stellt Collett (2000) den rein skelettalen Charakter in Frage und sieht eine Beeinflussung der Lage durch das Parodontium der mittleren

Incisiven. So sei Pogonion besser zur Beschreibung der Lage des Unterkiefers geeignet. In der vorliegenden Studie wurde Pog_OLp zur Ergänzung von SNB genutzt.

Die Art der Auswertung der Fernröntgenseitenbilder hat keine Auswirkung auf die Messfehler wie Navarro et al. (2013) und Goracci und Ferrari (2014) zeigten. Diese konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen manueller Durchzeichnung und Analyse am Computer erkennen.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Vergleichsstudien

Dentale und skelettale Effekte der Vorschubdoppelplatten waren immer wieder Gegenstand der Forschung. In jüngerer Zeit untersuchten vor allem Lisson und Tränkmann die Effekte der Hannoveraner Konstruktion. Ein großer Unterschied zur Sander-Apparatur besteht in der Neigung der Stege gegenüber der Okklusionsebene (Lisson und Tränkmann 2002; Sander 1988).

Sander und Lassak (1990) verglichen anhand von Fernröntgenseitenbildern die Wachstumseffekte von 50 Patienten, die mit der Sander-II-Apparatur behandelt wurden, mit Patienten, die mit anderen rein funktionskieferorthopädischen Geräten (Aktivator, Bionator, Fränkel-II-Apparatur, offener Aktivator nach Klammt) und Geräten mit extraoralen Zügen (Teuscher-Aktivator) therapiert wurden. Sie folgerten aus einer starken Hemmung des Oberkieferwachstums (SNA-Winkel) und einer überdurchschnittlichen Reduktion des ANB-Winkels die Überlegenheit der Sander-II-Gruppe.

Fischbach und Kahl-Nieke (1995) verglichen die Auswirkungen einer Vorschubdoppelplatten-Behandlung mit einer Behandlung mit dem Aktivator nach Andresen und Häupl. Welche Art der Vorschubdoppelplatte verwendet wurde ist nicht bekannt – wahrscheinlich die klassische Variante nach A.M. Schwarz. Mit beiden Apparaturen wurden jeweils 60 Patienten behandelt. Es zeigte sich, dass der Aktivator stärkere Auswirkungen auf das sagittale Unterkieferwachstum hatte und eine posteriore Oberkieferrotation erzeugte. Die Vorschubdoppelplatte hemmte vermehrt das Oberkieferwachstum und bewirkte eine anteriore Oberkieferrotation.

Im selben Jahr stellten Sander und Wichelhaus (1995) 95 (50 Jungen und 45 Mädchen) mit der Sander-II-Apparatur behandelte Patienten 53 unbehandelten Patienten gegenüber.

Die Fernröntgenseitenbilder des Kollektivs wurden geschlechterspezifisch untersucht, wobei sich keine signifikanten Unterschiede ergaben. Die einzelnen Effekte waren bei den Mädchen lediglich geringfügig stärker. Gegenüber der unbehandelten Kontrollgruppe konnte eine hoch signifikante Verringerung des SNA-Winkels, eine signifikante Vergrößerung des SNB-Winkels und eine hoch signifikante Verringerung des ANB-Winkels festgestellt werden. Oberkiefer- und Unterkiefergrundebene blieben in ihrer Inklination sowohl zueinander als auch zur Nasion-Sella-Linie unbeeinflusst. Eine hoch signifikante Retroklination der Oberkieferschneidezähne war außerdem zu beobachten.

Mauck et al. (1999) zeigten Unterschiede von Aktivator und Vorschubdoppelplatte bezüglich deren sagittalen und vertikalen Einflusses auf. Wegen deren starken Retroinklination der Kiefer und der Okklusionsebene werden Nachteile der Hannoveraner Vorschubdoppelplatte gegenüber dem Aktivator bei vertikalem Wachstumsmuster deutlich.

Lisson und Tränkmann (2002) untersuchten anhand von Modellen und Fernröntgenseitenbildern von 40 Patienten die dentalen und skelettalen Effekte einer Vorschubdoppelplatte Hannoveraner Konstruktion. Sie konnten eine posteriore Inklination des Oberkiefers sowie eine Proklination der Unterkieferschneidezähne feststellen.

Ein Jahr später verglichen Lisson und Tränkmann (2003) in einem Kollektiv von 69 Patienten Behandlungseffekte im frühen und im späten Wechselgebiss. Die Wirkungen auf SNB und die Neigung der Oberkieferschneidezähne sowie dentoalveoläre Effekte waren bei jüngeren Patienten stärker als bei älteren.

Wedler et al. (2006) untersuchten skelettale und dentale Effekte von 63 Patienten, die mit der Hannoveraner Vorschubdoppelplatte behandelt wurden in Abhängigkeit vom Alter und verglichen sie mit einer unbehandelten Vergleichsgruppe. Es fällt vor allem die starke Zunahme der Retroinklination beider Kiefer in der pubertären Vorschubdoppelplatten-Gruppe auf. In Verbindung mit den verschiedenen Inklinationen von Ober- und Unterkiefer ist besonders schwierig die Aussagekraft der Winkel SNA, SNB, ANB sowie der Neigungen der Schneidezähne zu bewerten.

In der Publikation von Lisson et al. (2013) und der entsprechenden Dissertation von Mokrys (2009) stehen die Effekte der Hannoveraner Apparatur auf die Weichteilveränderungen im Vordergrund. Skelettal zeigen die 69 Patienten gegenüber einer unbehandelten Kontrollgruppe eine sehr signifikante Verkleinerung von SNA während

auch der Unterkiefer in seinem Wachstum signifikant beeinflusst wird (B-NPog). Dental erfolgt die Kompensation wieder hauptsächlich über die Proklination der Unterkiefer-Frontzähne.

Eine randomisierte kontrollierte Studie von Martina et al. (2013) beschäftigte sich mit den dentalen und skelettalen Effekten der Sander-II-Apparatur. Dabei wurden die Fernröntgenseitenbilder mit der Pancherz-Analyse von 23 behandelten Patienten und 23 unbehandelten Kontrollpatienten ausgewertet. Eine hoch signifikante Wachstumsförderung der Mandibula steht hier einer nicht signifikanten Beeinflussung der Maxilla gegenüber. Eine hoch signifikante Verringerung des Overjet geht jedoch auch einher mit einer deutlichen Kippung der Frontzähne in Ober- und Unterkiefer.

Burhan und Nawaya (2015) verglichen in einer weiteren kontrollierten randomisierten Studie die Effekte der Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann mit der Twin-Block-Apparatur. In den Untersuchungsgruppen wurden je 20 Patienten kephalometrisch analysiert. Beide Gruppen zeigten eine starke Verkleinerung des ANB, vor allem durch Wachstumsbeeinflussung des Unterkiefers. Ebenfalls beachtlich war die Veränderung der Inklination der Incisiven beider Kiefer. Eine deutliche Retroinklination des Unterkiefers in der Vorschubdoppelplatten-Gruppe steht einer weitestgehend unbeeinflussten Inklination des Unterkiefers in der Twin-Block-Gruppe gegenüber.

Zusätzlich ist ein Vergleich mit anderen Apparaturen zur Behandlung der Angle-Klasse II interessant und wichtig. Da diese Art der sagittalen Dysgnathie eine der häufigsten kieferorthopädischen Problemstellungen ist, wurden im Laufe der Zeit viele Therapiekonzepte und Apparaturen zu deren Behandlung entworfen. Da ein Vergleich mit allen Konzepten unmöglich ist, wurde die Auswahl auf wenige exemplarische Apparaturen beschränkt. Als „Ur-Gerät“ der Funktionskieferorthopädie darf der Aktivator im Vergleich nicht fehlen. Der Twin-Block als vergleichsweise neue Apparatur, die oftmals auch zu den Vorschubdoppelplatten gezählt wird, funktioniert wie selbige über eine schiefe Ebene, wird aber 24 Stunden am Tag getragen. Als dritte Vergleichsapparatur dient das Herbst-Scharnier, das, fest eingesetzt, den Unterkiefer bei jeder Schließbewegung über Monate hinweg nach anterior schiebt.

5.3.2 Sagittale Kieferrelation

5.3.2.1 Eigene Ergebnisse

Die Sander-II-Apparatur hat nach eigenen Untersuchungen einen geringen wachstumshemmenden Effekt auf den Oberkiefer. Die jährliche Reduktion des SNA-Winkels liegt mit $0,15^\circ$ in der Sander-II-Gruppe um $0,09^\circ$ über der Reduktion von $0,06^\circ$ in der Kontrollgruppe, doch ist keine Signifikanz festzustellen. Die durchschnittliche Streckenzunahme von AA_Herbst liegt in der Kontrollgruppe mit $0,64$ mm jährlich (Median $0,81$ mm) sogar unter dem Wert der Sander-II-Gruppe mit $0,79$ mm (Median $0,71$ mm). Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Eine Förderung des Unterkieferwachstums ist dagegen deutlich nachweisbar. Die Zunahme des Winkels SNB um jährlich $0,37^\circ$ (Median $0,37^\circ$) liegt signifikant über der Zunahme um $0,29^\circ$ (Median $0,22^\circ$) in der Kontrollgruppe. Bei Betrachtung der von dentoalveolären Veränderungen unbeeinflussbaren Strecke Pog_OLp sind die Ergebnisse noch eindeutiger. Durchschnittlich $1,44$ mm Zunahme jährlich stehen $0,62$ mm gegenüber. Dieses Ergebnis ist sehr signifikant.

Die skelettale Diskrepanz beider Kiefer zueinander verringert sich sehr signifikant unterschiedlich. Der ANB-Winkel zeigt eine jährliche Reduktion um $0,53^\circ$ in Sander-II-Gruppe und um $0,36^\circ$ in der Kontrollgruppe.

5.3.2.2 Ergebnisse anderer Vorschubdoppelplatten-Studien

Auch bei den Vergleichsstudien steht die skelettale Wirkung der Vorschubdoppelplatte außer Frage (Burhan und Nawaya 2015; Fischbach und Kahl-Nieke 1995; Lisson und Tränkmann 2002, 2003; Lisson et al. 2013; Martina et al. 2013; Mauck et al. 1999; Sander und Lassak 1990; Sander und Wichelhaus 1995; Wedler et al. 2006). Unterschiedlich wird jedoch die Wirkungsweise auf Ober- und Unterkiefer bewertet.

Sander und Lassak (1990) konnten eine jährliche Verminderung des SNA um $0,71^\circ$ nachweisen. Sander und Wichelhaus (1995) stellten beim Vergleich der Sander-II-Apparatur mit einer Kontrollgruppe ebenfalls eine hoch signifikante Wachstumshemmung des Oberkiefers fest. SNA reduzierte sich jährlich um $0,59^\circ$. Ihrer Meinung nach ist dieses Ergebnis bei anderen funktionskieferorthopädischen Geräten nur in Verbindung mit einem Headgear zu erreichen. Den sogenannten „Headgeareffekt“ führen sie

darauf zurück, dass der Unterkiefer während der Nacht auf den Stegen der Oberkieferplatte ruht und damit einen wachstumshemmenden Effekt auslöst (Sander 1989c, 2001a). Zusätzlich konnte in beiden Studien eine deutliche Steigerung des sagittalen Unterkieferwachstums beobachtet werden. Der SNB-Winkel vergrößerte sich jährlich um $0,68^\circ$ (Sander und Lassak 1990) bzw. $0,93^\circ$ (Sander und Wichelhaus 1995). Sander und Wichelhaus (1995) sehen die Länge der Stege der Oberkieferplatte und deren reibungsarmes Gleiten auf der Unterkieferplatte als Grund für das häufigere Einnehmen der Schlussbissposition als beim Aktivator. Der Ausgleich der skelettalen Diskrepanz beider Kiefer, gemessen anhand des ANB-Winkels, liegt bei Sander und Lassak (1990) bei einer durchschnittlichen Verminderung um $1,40^\circ$ pro Jahr. Bei Sander und Wichelhaus (1995) vermindert sich ANB um jährlich $1,52^\circ$. Fischbach und Kahl-Nieke (1995) kommen nach einer Behandlungszeit von 3,25 Jahren zu sehr ähnlichen Ergebnissen wie vorliegende Studie. SNA verringerte sich in der Zeit um $0,52^\circ$ während sich SNB um $1,19^\circ$ vergrößerte. ANB verkleinerte sich um insgesamt $1,71^\circ$. Gegenüber einer Aktivator-Vergleichsgruppe wird auch hier vor allem die wachstumshemmende Wirkung auf den Oberkiefer betont. Die Forschergruppe um die Professoren Lisson und Tränkmann kommt in mehreren weiteren Untersuchungen zur Vorschubdoppelplatte Hannoveraner Konstruktion zu ähnlichen Ergebnissen (Lisson und Tränkmann 2002, 2003; Lisson et al. 2013; Mauck et al. 1999; Wedler et al. 2006). Es ist davon auszugehen, dass sich die behandelten Vorschubdoppelplatten-Kollektive in diesen Studien untereinander überschneiden. Mauck et al. (1999) stellen eine jährliche Verminderung des ANB um $0,59^\circ$ fest, wobei sich der Winkel SNB um $0,09^\circ$ verkleinert. SNA verringert sich um $0,68^\circ$. Die Autoren erklären die vermeintliche Wachstumshemmung des Unterkiefers mit seiner posterioren Rotation und gehen von einer geringen Wachstumsstimulation aus. Lisson und Tränkmann (2002) stellen die Wachstumsstimulation des Unterkiefers durch die Vorschubdoppelplatte überhaupt in Frage. Nach 4,51(Jungen) bzw. 4,27 Jahren (Mädchen) Behandlungsdauer verringerte sich SNA um $1,19^\circ$ (Jungen) bzw. $1,68^\circ$ (Mädchen). SNB vergrößerte sich um $0,71^\circ$ (Jungen) bzw. $0,82^\circ$ (Mädchen). Lisson und Tränkmann (2003) verglichen die Behandlung mit der Vorschubdoppelplatte im frühen und späten Wechselgebiss. Nach einer durchschnittlichen Behandlungszeit von 4,39 Jahren konnten sie hoch signifikante Verkleinerungen des Overbites und Overjets sowie der Winkel SNA und ANB feststellen. SNB vergrößerte sich in der frühen Gruppe hoch signifikant um $1,14^\circ$ und in der späten Gruppe sehr signifikant um $0,9^\circ$. SNA verkleinerte sich um $1,02^\circ$ (frühes Wechselgebiss) bzw. $0,94^\circ$ (spätes Wechselgebiss). Die Autoren

schlossen aus ihren Beobachtungen, dass keine skelettalen Nachteile bei Behandlungsbeginn im späten Wechselgebiss zu erwarten sind. Wedler et al. (2006) untersuchten Behandlungserfolge im vorpubertären und pubertären Alter. Nach einer Behandlungszeit von 11-25 Monaten verringerte sich ANB um $0,88^\circ$ in der vorpubertären und um $0,40^\circ$ in der pubertären Gruppe. Gleichzeitig kam es zu einer Verringerung des SNA um $0,43^\circ$ und einer Vergrößerung des SNB um $0,45^\circ$ in der vorpubertären und einer Verringerung des SNA um $1,34^\circ$ und des SNB um $0,92^\circ$ in der pubertären Gruppe. Erklärbar sind diese Ergebnisse durch die verstärkt posteriore Rotation der Kiefer im pubertären Kollektiv. Lisson et al. (2013) beobachtete nach 4,33 Jahren Behandlungszeit eine Verkleinerung des SNA um $0,75^\circ$ und eine Vergrößerung des SNB um $0,71^\circ$. Gegenüber allen bisherigen Studien gibt es in der neueren Literatur zwei Veröffentlichungen, die die Stimulation des Unterkieferwachstums der Oberkieferhemmung vorrangig sehen. Martina et al. (2013), die als einzige Forschergruppe nach Sander und Wichelhaus (1995) die Wirkung der Sander-II-Apparatur untersuchten, konnten nach 14,5 Monaten Behandlungszeit anhand der Pancherz-Analyse eine Zunahme von AA_Herbst um 2,2 mm erkennen, während sich Pog_Olp um 5,6 mm erhöhte. In der Kontrollgruppe der kontrollierten randomisierten Studie erhöhte sich AA_Herbst um 2,5 mm und Pog_Olp um 3,5 mm. Lediglich beim Unterkieferwachstum konnte dabei eine hohe Signifikanz errechnet werden. Burhan und Nawaya (2015) konnten nach einer Behandlungszeit von 15 Monaten mit einer Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann eine sehr signifikante Zunahme des SNB um $2,88^\circ$ verzeichnen. SNA verringerte sich nicht signifikant um $0,42^\circ$. Auch in dieser Untersuchung steht die Verstärkung des Unterkieferwachstums im Vordergrund. Grund für die relativ hohen Werte ist die empfohlene fast durchgehende Tragezeit.

5.3.2.3 Ergebnisse von Studien mit anderen Geräten

Die sagittale Diskrepanz wird beim Aktivator wie bei der Vorschubdoppelplatte über skelettale Wachstumsmodifikationen und dentale Inklinationsänderungen ausgeglichen. Jedoch spielt die Wachstumsstimulation des Unterkiefers gegenüber der Wachstumshemmung des Oberkiefers, anders als bei den Vergleichsstudien zur Vorschubdoppelplatte, die entscheidende Rolle (Basciftci et al. 2003; Cozza et al. 2004; Fischbach und Kahl-Nieke 1995; Franchi et al. 2013; Jonas 1984; Mauck et al. 1999; Turkkahraman und Sayin 2006). Fischbach und Kahl-Nieke (1995) konnten jedoch beim direkten Vergleich

der Wirkung von Vorschubdoppelplatte und Aktivator nachweisen, dass nur ein Fünftel bis ein Drittel aller gemessenen Unterschiede abhängig von der Wahl des Behandlungsgerätes auftraten. Jakobsson und Paulin (1990) konnten bei einem männlichen Kollektiv eine überwiegende Wirkung des Aktivators auf das Unterkieferwachstum beobachten während dieselbe Apparatur beim entsprechenden weiblichen Kollektiv vermehrt auf das Oberkieferwachstum wirkte. Jedoch führten sie eine Verminderung des ANB zum Teil auf eine Zunahme der anterioren Gesichtshöhe und eine Verfälschung des A-Punktes durch Rotationen der Frontzähne zurück. Sie kamen zu dem Schluss, dass genetische Faktoren einen größeren Einfluss auf das Wachstum haben und der Aktivator die skelettale Entwicklung nicht oder nur wenig beeinflussen kann. Lediglich Pancherz (1984) sieht die Hemmung des Oberkieferwachstums beim Aktivator der Stimulation des Unterkieferwachstums vorrangig.

Der Twin-Block erlaubt durch die, bis auf die Mahlzeiten, durchgängige Trageweise eine kürzere Behandlung. Die Behandlungszeiten liegen zwischen 9 (Illing et al. 1998; Lee et al. 2007) und 16 Monaten (Toth und McNamara 1999). Natürlich wäre eine Beschleunigung in gleicher Weise auch bei der Sander-II-Apparatur möglich. Eine wachstumshemmende Wirkung auf den Oberkiefer, wie sie oft bei Vorschubdoppelplatten beschrieben wird, ist kaum nachzuweisen (Burhan und Nawaya 2015; Lee et al. 2007; Saikoski et al. 2014; Sidlauskas 2005; Toth und McNamara 1999). Nur Illing et al. (1998) konnten eine Reduktion des Winkels SNA um $1,4^\circ$ nach 9 Monaten erkennen. Erklärt wird diese vermeintliche Wachstumshemmung der Maxilla aber über die Retroinklination des Oberkiefers. So sehen alle Autoren die Wachstumsstimulation der Mandibula als Hauptgrund für die Reduktion des Winkels ANB (Burhan und Nawaya 2015; Illing et al. 1998; Lee et al. 2007; Saikoski et al. 2014; Sidlauskas 2005; Toth und McNamara 1999). Obwohl der Twin-Block wie die Vorschubdoppelplatte über eine schräge Ebene die sagittale Diskrepanz therapiert, unterscheiden sie sich also wesentlich in ihrer Wirkung auf das Oberkieferwachstum. Grund ist wahrscheinlich die fehlende therapeutische Wirkung des Twin-Blocks bei geöffnetem Mund. Durch die Steglänge von 16 mm bei der Sander-II-Apparatur entsteht bei Mundöffnungen während der Nacht eine wachstumshemmende „Headgear-Wirkung“ auf die Maxilla (Sander 2001a). Da die schräge Ebene beim Twin-Block eine wesentlich kürzere Strecke misst, geht bei Mundöffnungen während der Nacht jeglicher Effekt verloren. Interessant wäre daher eine Untersuchung zur durchgehenden Trageweise der Sander-II-Apparatur.

Das Herbst-Scharnier und dessen Modifikationen erlauben in relativ kurzer Zeit eine erfolgreiche Therapie der Angle-Klasse II. Die Behandlungszeiten in der Literatur variieren zwischen 6 (Pancherz 1982) und 20 Monaten (Booij et al. 2013). Der Winkel ANB wird durch Wachstumshemmung des Oberkiefers bei gleichzeitiger Wachstumsstimulation des Unterkiefers verkleinert. Zahlreiche Studien sehen dabei wie beim Aktivator die Wirkung auf die Mandibula als vorrangig (Booij et al. 2013; Manfredi et al. 2001; Pancherz 1982; Valant und Sinclair 1989). Allerdings ist durch eine zum Teil sehr ausgeprägte Kippung der Frontzähne, vor allem bei Modifikationen mit einer Multi-bracket-Apparatur (Hagglund et al. 2008; VanLaecken et al. 2006), die Verzerrung der Ergebnisse durch Verschiebung der A- und B-Punkte aufgrund von Resorptions- und Appositionsvorgängen nicht auszuschließen. Erklärbar ist der Behandlungserfolg der Herbst-Apparatur durch die dauerhafte Verankerung im Patientenmund. Dadurch wird das Problem einer mangelnden Compliance ausgeschaltet. Andererseits werden Mundhygiene und Nahrungsaufnahme erschwert und der Patient in seinem Komfort eingeschränkt. Chayanupatkul et al. (2003) untersuchten an Ratten temporomandibuläre Veränderungen induziert durch eine schiefe Ebene gemäß einer fest einzementierten Apparatur. Dabei konnten sie beobachten, dass eine kürzere Behandlungsdauer zu einem anschließenden vermehrt subnormalen Wachstum führt. Somit ist fraglich, ob das Erreichen eines therapeutischen Ergebnisses in möglichst kurzer Zeit sinnvoll ist und inwiefern eine Stabilität in posttherapeutischer Zeit gewährleistet ist.

5.3.3 Vertikale Kieferrelation

5.3.3.1 Eigene Ergebnisse

Der Oberkiefer wird durch die Sander-II-Gruppe lediglich leicht retroinkliniert. Auf ein Jahr betrachtet vergrößert sich der Winkel NL-NSL um durchschnittlich $0,12^\circ$ (Median $0,11^\circ$) in Sander-II- und $0,04^\circ$ (Median $-0,07^\circ$) in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist nicht signifikant.

Die Neigung des Unterkiefers wird durch mehrere Variablen beschrieben. Bei ML-NSL ist als einzigem im jährlichen Vergleich zwischen beiden Untersuchungsgruppen eine Signifikanz errechnet worden. In der Kontrollgruppe bleibt der Wert dieses Winkels relativ konstant ($0,03^\circ$ /komplette Behandlungszeit, $-0,03^\circ$ /Jahr). In der Sander-II-Gruppe verkleinert er sich um $0,19^\circ$ jährlich und $0,76^\circ$ insgesamt. Diese Neigungsänderung im

Sinne einer Anteinklination wird auch von anderen Variablen, wenn auch nicht signifikant, beschrieben. Beim Kieferwinkel Ar-Go-Me reduziert sich der Wert der Winkel in der Sander-II-Gruppe mit $-0,38^\circ$ durchschnittlich fast doppelt so stark wie in der Kontrollgruppe ($-0,21^\circ$). Auch das Verhältnis SGo:NMe unterstreicht die Anteinklination durch die Sander-II-Apparatur. Eine jährliche Verringerung um $0,42\%$ (Sander-II-Gruppe) steht einer Verringerung um $0,27\%$ (Kontrollgruppe) gegenüber. Der obere Kieferwinkel N-Go-Ar lässt hingegen keine Aussage zu. Der untere Kieferwinkel Me-Go-N steht mit seiner Aussage der anderer Winkel entgegen. Er vergrößert sich jährlich um $0,54^\circ$ in Sander-II- und $0,45^\circ$ in Kontrollgruppe. Allerdings ist Me-Go-N abhängig vom Punkt Go und somit der sagittalen Unterkieferlage. Es ist davon auszugehen, dass eher die Ventralverlagerung als eine Retroinklination des Unterkiefers zu einer relativen Vergrößerung in der Sander-II-Gruppe führen.

Die Neigung der Kiefer zueinander, beschrieben durch den Winkel ML-NL, bleibt in der Kontrollgruppe relativ konstant. Die Änderung beträgt $-0,10^\circ$ jährlich und insgesamt und die Mediane liegen bei $0,00^\circ$ jährlich und insgesamt. In der Sander-II-Gruppe verkleinert sich der Winkel um $0,32^\circ$ jährlich. Die Winkelverkleinerung ergibt sich vor allem durch die Anteinklination des Unterkiefers und kaum durch die Retroinklination des Oberkiefers. Gegenüber der Kontrollgruppe ist dieses Ergebnis nicht signifikant.

Die Neigung der Okklusionsebene verändert sich mit und ohne Sander-II-Apparatur nicht. Die jährliche Änderung beträgt $-0,01^\circ$ (Median $0,00^\circ$) in der Sander-II-Gruppe und $-0,04^\circ$ (Median $0,06^\circ$) in der Kontrollgruppe.

Das Verhältnis der oberen zu unteren Gesichtshälfte verkleinert sich durch die Sander-II-Apparatur gegenüber der Kontrollgruppe nicht signifikant. Dennoch ist die durchschnittliche Reduktion von NSP:SPMe mit jährlich $0,4\%$ in der Sander-II-Gruppe mehr als doppelt so hoch wie in der Kontrollgruppe mit $0,17\%$.

5.3.3.2 Ergebnisse anderer Vorschubdoppelplatten-Studien

Eine leichte Retroinklination des Oberkiefers durch die Vorschubdoppelplatte wird von den meisten Vergleichsstudien bestätigt. Alle Untersuchungen, die sich mit der Modifikation nach Tränkmann beschäftigten, konnten eine Vergrößerung des Winkels NL-NSL nachweisen (Burhan und Nawaya 2015; Lisson und Tränkmann 2002, 2003; Mauck et al. 1999; Wedler et al. 2006). Den größten Effekt hatte die Apparatur auf die

pubertäre Gruppe von Wedler et al. (2006). Der Winkel vergrößerte sich um durchschnittlich $1,32^\circ$ nach 11 bis 25 Monaten. In derselben Studie konnte im vorpubertären Kollektiv eine Vergrößerung um $0,25^\circ$ beobachtet werden. Auch hier sind also große Schwankungen zu verzeichnen. Sander und Lassak (1990) konnten bei der Sander-II-Apparatur dagegen keine Änderung der Oberkieferneigung erkennen. Der Winkel NL-NSL veränderte sich jährlich nicht. Auch in der Untersuchung von Sander und Wichelhaus (1995) blieb der Winkel bei einer jährlichen Vergrößerung um $0,1^\circ$ relativ konstant. Sander und Wichelhaus (1995) erklären die große Konstanz mit der bewusst eingestellten Neigung der schiefen Ebene um 60° zur Okklusionsebene. Der entstehende Kraftvektor laufe so direkt durch das Widerstandszentrum des Oberkiefers und hemme dessen Wachstum ohne seine Inklination zu verändern. In der Inklination der Stege bzw. Vorschubschlaufen ist der Hauptunterschied zwischen der Vorschubdoppelplatten nach Sander und nach Tränkmann zu sehen. Die Vorschubschlaufen bei der Modifikation nach Tränkmann sind um $70-80^\circ$ zur Okklusionsebene geneigt (Lisson und Tränkmann 2002). Daraus resultiert ein Kraftvektor, der eher kaudal des Widerstandszentrums verläuft und so eine Retroinklination des Oberkiefers erzeugt. Einzig Fischbach und Kahl-Nieke (1995) konnten eine Anteinklination durch die Vorschubdoppelplatten-Behandlung beobachten. NL-NSL verringerte sich um $1,41^\circ$ nach 3,25 Jahren. Welche Art der Vorschubdoppelplatte genutzt wurde ist leider nicht bekannt.

Die Anteinklination des Unterkiefers durch die Vorschubdoppelplatte wird durch die meisten Vergleichsstudien nicht bestätigt. Der Winkel ML-NSL verkleinert sich nur in der Untersuchung von Sander und Wichelhaus (1995) um jährlich $0,23^\circ$ und im Kollektiv des späten Wechselgebisses von Lisson und Tränkmann (2003) um $0,42^\circ$ nach 4,39 Jahren. In den Untersuchungen von Mauck et al. (1999), Lisson und Tränkmann (2002, 2003); Wedler et al. (2006) und Martina et al. (2013) scheint der Unterkiefer dem Oberkiefer in seiner Inklination zu folgen. Die stärkste Vergrößerung des Winkels ML-NSL zeigt sich wieder im pubertären Kollektiv von Wedler et al. (2006). Der Winkels vergrößert sich um $1,15^\circ$ nach 11 bis 25 Monaten. Eine Ausnahme bildet die Studie von Burhan und Nawaya (2015). Der Oberkiefer bleibt nach 15 Monaten in seiner Inklination relativ konstant. NL-NSL vergrößert sich um $0,05^\circ$. ML-NSL nimmt dagegen um $2,14^\circ$ zu. Die Kieferbasen divergieren also deutlich. In den meisten Vergleichsstudien ist eher eine Konvergenz der Kieferbasen zueinander zu erkennen, die aber gering ausfällt (Lisson und Tränkmann 2002, 2003; Mauck et al. 1999; Sander und Wichelhaus 1995).

ML-NL verringert sich. Dies deckt sich mit den Erkenntnissen der vorliegenden Untersuchung. Die Winkel Ar-Go-Me, N-Go-Ar, Me-Go-N sowie das Verhältnis SGo:NMe, die ebenfalls Auskunft über die Inklination des Unterkiefers geben, wurden leider von kaum einer Vergleichsstudie untersucht und es sind keine Tendenzen zu erkennen. Das Verhältnis NSp:SpMe verringert sich auch in den Studien von Sander und Wichelhaus (1995) und Mauck et al. (1999), die dies als einzige untersuchten. Sie konnten eine jährliche Reduktion um 0,79 % (Sander und Wichelhaus 1995) und um 1,51 % (Mauck et al. 1999) nachweisen. Die untere Gesichtshälfte vergrößerte sich also, wie auch in vorliegender Studie, durch die Behandlung mit der Vorschubdoppelplatte.

5.3.3.3 Ergebnisse von Studien mit anderen Geräten

Der Aktivator scheint die Oberkiefergrundebene wie auch die Sander-II-Apparatur in ihrer Neigung in Richtung Retroinklination zu beeinflussen. Die Änderungen des Winkels NL-NSL fallen gering aus (Fischbach und Kahl-Nieke 1995; Mauck et al. 1999). Nur bei Cozza et al. (2004) zeigen sich mit einer Vergrößerung des Winkels nach 21 Monaten um $1,58^\circ$ stärkere posteriore Rotationen. Obwohl die Wirkung des Aktivators in Bezug auf das Widerstandszentrum des Oberkiefers unkontrollierter abläuft als bei der Sander-II-Apparatur zeigen sich also kaum negative Auswirkungen auf dessen Neigung. Der Winkel ML-NSL zeigt nach Behandlung mit dem Aktivator eine ausgeglichene Bilanz. Pancherz (1984), Jakobsson und Paulin (1990) sowie Mauck et al. (1999) stellten eine anteriore Rotation fest, die auch in vorliegender Untersuchung zur Sander-II-Apparatur beobachtet werden konnte. Basciftci et al. (2003) und Cozza et al. (2004) konnten eine posteriore Rotation nachweisen. Die unterschiedliche Wirkung des Aktivators gegenüber der Vorschubdoppelplatte, die in Vergleichsstudien eher eine Retroinklination erzeugte (Burhan und Nawaya 2015; Lisson und Tränkmann 2002; Martina et al. 2013; Mauck et al. 1999; Wedler et al. 2006), ließe sich über die in Kunststoff gefassten Molaren und Prämolaren beim Aktivator erklären, der anders als die Vorschubdoppelplatte keine weitere Extrusion der Seitenzähne zulasse. Die Neigung zwischen beiden Kiefern im Sinne des Winkels ML-NL verkleinert sich bei den Aktivator-Vergleichsstudien gegenüber der Sander-II-Apparatur jedoch in ähnlichem Maße (Cozza et al. 2004; Franchi et al. 2013; Jakobsson und Paulin 1990; Mauck et al. 1999). Dadurch ist eher die Neigung der Stege bei der Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann verantwortlich für eine posteriore Rotation des Oberkiefers, dem der Unterkiefer folgt.

Der Twin-Block hat auf den Oberkiefer einen geringen retroinklinierenden Effekt (Burhan und Nawaya 2015; Illing et al. 1998; Sidlauskas 2005), wie er auch in vielen Studien zur Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann (Lisson und Tränkmann 2002, 2003; Mauck et al. 1999) beobachtet wurde. Grund dafür könnte auch hier ein Kraftvektor sein, der unterhalb des Widerstandszentrums des Oberkiefers verläuft und so dessen Kippung provoziert. Sander und Lassak (1990) und Sander und Wichelhaus (1995) eliminierten diesen Effekt durch die bewusste Neigung der Vorschubstege um 60° zur Okklusionsebene. Dadurch soll der Kraftvektor durch das Widerstandszentrum laufen. Andererseits konnte auch bei den eigenen Ergebnissen zur Sander-II-Apparatur eine geringe Neigungsänderung des Oberkiefers beobachtet werden. Auf den Unterkiefer wirkt der Twin-Block ebenfalls leicht retroinklinierend (Burhan und Nawaya 2015; Sidlauskas 2005; Toth und McNamara 1999). Illing et al. (1998) konnten diesen Effekt nicht beobachten. Sidlauskas (2005) und Toth und McNamara (1999) beobachteten eine deutliche Eruption der unteren Molaren gegenüber der oberen Molaren. Grund dafür ist der Aufbau des Twin-Blocks mit fehlender Kunststoffbedeckung auf den unteren Molaren. Dies führt zusammen mit der Retroinklination des Oberkiefers zu einer Neigungsänderung der Okklusionsebene (Burhan und Nawaya 2015; Saikoski et al. 2014; Toth und McNamara 1999).

Der Oberkiefer wird auch durch die Herbst-Apparatur leicht retroinkliniert (Booij et al. 2013; Hagglund et al. 2008; Pancherz 1982). Lediglich VanLaecken et al. (2006) konnten nach 8 Monaten Behandlungszeit eine deutliche Retroinklination feststellen. Der Winkel NL-NSL vergrößerte sich um $2,7^\circ$. Die Neigung des Unterkiefers scheint relativ konstant zu bleiben. Je nach Studie verändert sich der Winkel ML-NSL durch die Herbst-Apparatur um $-0,4^\circ$ (Hagglund et al. 2008) bis $0,2^\circ$ (Pancherz 1982). Die Kieferbasen zeigen als Folge der Retroinklination des Oberkiefers eine Verkleinerung des Winkels ML-NL (Booij et al. 2013; Hagglund et al. 2008; Pancherz 1982). Auffällig ist die ausgeprägte Retroinklination der Okklusionsebene, die in geringem Maße auch beim Twin-Block zu sehen war. Der Winkel Occ-NSL vergrößerte sich um $1,1^\circ$ nach 6 Monaten (Pancherz 1982) und $5,2^\circ$ nach 8 Monaten (VanLaecken et al. 2006). Ursächlich ist die Befestigung der Apparatur am ersten oberen Molaren, der dadurch intrudiert wird. Gleichzeitig können die unteren Molaren extrudieren. Die Retroinklination des Oberkiefers kommt hinzu.

5.3.4 Dentale Lage und Inklination

5.3.4.1 Eigene Ergebnisse

Die Inklination der Incisivi des Oberkiefers zeigt in der Kontrollgruppe eine geringe Retroklination. OK1-NSL verringert sich um jährlich $0,20^\circ$ (Median $-0,59^\circ$). OK1-NA verkleinert sich jährlich um $0,13^\circ$ (Median $-0,47^\circ$). Die Sander-II-Apparatur verstärkt die Retroklination der Frontzähne, wenn auch nicht signifikant. OK1-NSL verringert sich jährlich um $0,96^\circ$, OK1-NA um $0,81^\circ$. Jedoch liegt zu Beginn der Therapie in der Sander-II-Gruppe eine durchschnittlich labialere Achsneigung der Frontzähne vor. Daher war eine gewisse Retroklination sicherlich erwünscht. Die Lage der Schneidekante in der Sagittalen verändert sich durch die Sander-II-Apparatur nicht feststellbar. IsOK_OLp vergrößert sich in beiden Gruppen um $0,85\text{mm}$ jährlich.

Die Incisiven des Unterkiefers bleiben in ihrer Inklination unter Therapie mit der Sander-II-Apparatur weitestgehend konstant. UK1-ML verringert sich jährlich um $0,02^\circ$ (Median $-0,05^\circ$). UK1-NB vergrößert sich jährlich um $0,16^\circ$ (Median $0,13^\circ$). Ohne Behandlung kommt es zur dentalen Kompensation der Klasse II durch eine Proklination der Unterkiefer-Frontzähne. UK1-ML vergrößert sich jährlich um $0,27^\circ$. UK1-NB vergrößert sich um $0,53^\circ$ pro Jahr. Die Unterschiede zwischen Sander-II-Gruppe und Kontrollgruppe sind nicht signifikant. Trotz der Proklination der Unterkiefer-Frontzähne in der Kontrollgruppe liegen deren Scheidekanten in der Sander-II-Gruppe weiter ventral, wenn auch nicht signifikant. IsUK_OLp vergrößert sich jährlich um $1,41\text{ mm}$ in der Sander-II- und $1,29\text{ mm}$ in der Kontrollgruppe. Dies ist nur mit einer Ventralverlagerung des Unterkiefers durch die Sander-II-Apparatur zu erklären.

Der Winkel OK1-UK1 vergrößert sich in der Sander-II-Gruppe um $1,18^\circ$ jährlich und verkleinert sich in der Kontrollgruppe um $0,05^\circ$. Die Streuung ist jedoch in beiden Gruppen hoch. Das Ergebnis des Wilcoxon-Rang-Summentests liegt knapp unter der Signifikanzgrenze im jährlichen Vergleich. Die relative Zunahme des Winkels zwischen den Zahnachsen in der Sander-II-Gruppe lässt sich erklären durch die verstärkte Retroklination der Oberkiefer-Frontzähne durch die Vorschubdoppelplatte und die dentale Kompensation der Unterkiefer-Frontzähne in der unbehandelten Gruppe.

Die Abstände Mp6OK_OLp und Mp6UK_OLp geben, obwohl sie sich an dentalen Referenzpunkten orientieren, durch die starke Verankerung der Molaren im Kiefer eher skelettale Informationen. Der Abstand Mp6OK_OLp vergrößert sich jährlich nicht

signifikant stärker in der Sander-II-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe. Eine Zunahme von 1,41 mm steht einer Zunahme von 1,29 mm gegenüber. Das Unterkieferwachstum hingegen zeigt auch im jährlichen Vergleich eine sehr signifikante Zunahme in der Sander-II-Gruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe. Die Zunahme von Mp6UK_OLp liegt bei 1,87 mm in der Sander-II-Gruppe und 1,18 mm in der Kontrollgruppe. Die Zunahme von Mp6UK_OLp ist in der Sander-II-Gruppe also jährlich um 0,69 mm höher als in der Kontrollgruppe. Mp6UK_OLp ist neben den anderen Variablen der sagittalen Unterkieferrelation SNB, ANB und Pog_OLp sowie ML-NSL die einzige, die im Wilcoxon-Rang-Summentest im jährlichen Vergleich in der Sander-II-Gruppe gegenüber der Kontrollgruppe oberhalb der Signifikanzgrenze liegt.

5.3.4.2 Ergebnisse anderer Vorschubdoppelplatten-Studien

Eine Neigungsänderung der Oberkieferfrontzähne nach palatinal ist auch in allen Vergleichsstudien mit der Vorschubdoppelplatte beobachtet worden. Bei vielen Patienten mit einer Angle-Klasse II/1 ist ein gewisser Ausgleich der Proklination der Schneidezähne zum Erlangen einer zufriedenstellenden Ästhetik erwünscht. Bei Studien, die ebenfalls die Sander-II-Apparatur untersuchten, liegt die Reduktion des Winkels OK1-NSL deutlich über den Ergebnissen, zu denen vorliegende Untersuchung kam. So verringerte sich OK1-NSL bei Sander und Lassak (1990) um jährlich $2,6^\circ$ und bei Wichelhaus und Sander (1995) sogar um $4,31^\circ$. Bei Martina et al. (2013) verkleinerte er sich nach 14,5 Monaten um $5,70^\circ$. Die Untersuchungen der Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Auch hier sind die Varianzen zwischen und innerhalb der Studien groß. Lisson und Tränkmann (2002) beobachteten bei männlichen Patienten eine Vergrößerung von OK1-NL um $2,50^\circ$ nach 4,51 Jahren. Bei den weiblichen Patienten vergrößerte sich der Winkel um $6,90^\circ$ nach 4,27 Jahren. Bei den Jungen war eine Signifikanz, bei den Mädchen eine hohe Signifikanz errechnet worden. Lisson und Tränkmann (2003) stellten nach 4,39 Jahren Behandlung eine Zunahme von OK1-NL im frühen Wechselgebiss um $6,09^\circ$ fest. Im späten Wechselgebiss nahm der Winkel um $2,71^\circ$ zu. Die Änderung im frühen Wechselgebiss war hoch signifikant. Im späten Wechselgebiss konnte keine Signifikanz erkannt werden. Je nach Patientenfall kann der Druck auf die Schneidezähne des Oberkiefers mit einem abstehenden Labialbogen minimiert werden. Sander und Wichelhaus (1995) empfehlen Torquefedern, um die Kippung der Frontzähne in eine körperliche Bewegung umzuwandeln.

Die Konstanz der Schneidezahninklination des Unterkiefers bei Therapie mit der Vorschubdoppelplatte wird von den meisten Vergleichsstudien nicht unterstützt. Einzig bei Sander und Lassak (1990) bleibt der Winkel UK1-ML identisch. Bei Sander und Wichelhaus (1995) nahm er um jährlich $0,73^\circ$ zu. In deren Kontrollgruppe war diese Zunahme jedoch höher und es konnte keine Signifikanz abgeleitet werden. Bei Martina et al. (2013) nahm der Winkel in 23 Monaten um $3,00^\circ$ zu. Die Vergleichsstudien der Tränkmann-Apparatur sehen ähnliche Entwicklungen. Bei Lisson und Tränkmann (2003) vergrößerte sich UK1-ML im frühen Wechselgebiss um insgesamt $4,12^\circ$ und im späten Wechselgebiss um $1,95^\circ$. Da auch die oberen Schneidezähne im späten Wechselgebiss geringere Rotationen erfahren, kommen die Autoren zu dem Ergebnis, dass dento-alveoläre Änderungen kleiner sind je später mit der Behandlung begonnen wurde.

Die Zunahme des Interinzisalwinkels wird in anderen Studien bestätigt. Am meisten vergrößerte sich der Winkel in den Studien von Sander und Lassak (1990) und Sander und Wichelhaus (1995). Grund dafür ist die relativ starke Beeinflussung der oberen Schneidezähne gegenüber den unteren.

Die Untersuchung von Martina et al. (2013) nutzte als einzige die Pancherz-Analyse, stellte die dentale Lage und Inklination aber mit anderen Variablen dar. Ein direkter Vergleich ist leider nicht möglich.

5.3.4.3 Ergebnisse von Studien mit anderen Geräten

Wie die Vorschubdoppelplatte kompensiert auch der Aktivator die sagittale Diskrepanz teilweise über Neigungsänderungen der Incisiven. Die Oberkieferfrontzähne werden dabei retrokliniert. Das Ausmaß der Kippung übersteigt die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung deutlich (Basciftci et al. 2003; Jakobsson und Paulin 1990; Jonas 1984; Pancherz 1984). Lediglich Mauck et al. (1999) beobachteten beim direkten Vergleich zwischen Vorschubdoppelplatte nach Tränkmann und Aktivator eine stärkere Retroklination der oberen Incisiven im Kollektiv der Vorschubdoppelplatte, wenn auch nicht signifikant. Die Autoren erklären dies durch den länger andauernden intermaxillären Kontakt der Platten durch die Vorschubschlaufen bei der Vorschubdoppelplatte. Daraus resultiere ein vermehrt dentaler Effekt, der sich in der Neigung der Frontzähne zeige. Die Unterkieferfrontzähne kippen bei der Aktivatorbehandlung leicht nach labial (Cozza et al. 2004; Franchi et al. 2013; Jakobsson und Paulin 1990; Jonas 1984; Mauck et al. 1999). Nur Pancherz (1984) und Basciftci et al. (2003) konnten, wie bei den Beobachtungen zur

Sander-II-Apparatur bei vorliegender Studie, eine negative Bilanz des Winkels UK1-ML und somit eine Retroklination beobachten. Die Differenzen vor und nach Behandlung für UK1-ML liegen in allen Studien zwischen $-0,6^\circ$ (Pancherz 1984) und $1,55^\circ$ (Cozza et al. 2004). Somit ist nur eine geringe Varianz um eine geringe Proklination zu erkennen. Es stellt sich nun trotzdem die Frage ob ein verstärkt dentaler Kipfeffekt der Frontzähne beim Aktivator zurückzuführen ist auf die punktuelle Wirkungsweise des Geräts bei inkomplettem Mundschluss während bei der Sander-II-Apparatur durch Verankerung an der kompletten Dentition diese Effekte geringer auftreten.

Der Twin-Block hat deutliche Auswirkungen auf die Frontzähne beider Kiefer. Die Retroklination der oberen Incisiven zur Oberkiefergrundebene variiert je nach Studie zwischen $3,2^\circ$ (Lee et al. 2007) und $9,1^\circ$ (Illing et al. 1998). Die Proklinationen der unteren Incisiven zur Unterkiefergrundebene sind mit $2,0^\circ$ (Illing et al. 1998) bis $5,51^\circ$ (Saikoski et al. 2014) deutlich schwächer, gegenüber den eigenen Ergebnissen zur Sander-II-Apparatur aber dennoch deutlich. Die starken Neigungsänderungen erschweren die Einschätzung der tatsächlichen skelettalen Effekte durch Verschiebung der A- und B-Punkte.

Eine eindeutige Aussage über die Auswirkungen auf die Frontzahnneigung durch die Herbst-Apparatur ist schwierig, da diese kaum untersucht wurden. Reduktionen des Winkels OK1-NSL um $5,2^\circ$ nach 7 Monaten (Hagglund et al. 2008) und $2,6^\circ$ nach 8 Monaten (VanLaecken et al. 2006) sprechen jedoch, zumindest bei der Modifikation mit der Multibracket-Apparatur für eine Kippung der oberen Frontzähne, die die Ergebnisse vorliegender Untersuchung deutlich übertrifft. Valant und Sinclair (1989) konnten bei einer weiteren Modifikation der Herbst-Apparatur eine Vergrößerung des Winkels um gerade einmal $0,1^\circ$ nach 10 Monaten beobachten. Auch die Frontzähne des Unterkiefers tragen zum Ausgleich der Diskrepanz bei. So vergrößerte sich der Winkel UK1-ML nach 8 Monaten Behandlung bei VanLaecken et al. (2006) um $11,4^\circ$.

6 Zusammenfassung

Das Ziel der Untersuchung war die kritische Betrachtung der dentalen und skelettalen Effekte der Sander-II-Apparatur anhand einer kephalometrischen Analyse behandelter Patienten und deren Gegenüberstellung zu einem unbehandelten Kontrollkollektiv.

Die Patienten wiesen zu Untersuchungsbeginn eine dentale (mindestens $\frac{1}{2}$ Prämolarenbreite Distalbisslage) und eine skelettale Klasse II ($ANB \geq 4^\circ$) vor. Die 102 behandelten Probanden (43 Jungen, 59 Mädchen) stammen aus einer kieferorthopädischen Fachpraxis und wurden durchschnittlich 2,3 Jahre behandelt. Die Untersuchungszeit ist mit 3,63 Jahren höher, da die Röntgenbilder zum Teil nicht in zeitlichem Zusammenhang mit Ein- und Ausgliederung der Apparatur angefertigt wurden und Tragezeiten unterbrochen wurden. Die Untersuchungszeit des unbehandelten Kontrollkollektivs lag bei 1,35 Jahren. Das Alter der Probanden zu Beginn der Beobachtung lag bei 10,46 Jahren (Sander-II-Gruppe) und 10,15 Jahren (Kontrollgruppe).

Die Sander-II-Apparaturen aller Patienten wurden einheitlich vom gleichen Zahn-techniker mit einer Neigung der Stege um 60° zur Oberkiefergrundebene hergestellt. Die Patienten wurden angewiesen die Apparatur nachts sowie 2-3 Stunden am Tage zu tragen.

Es lag pro Patient ein analoges Fernröntgenseitenbild vor und nach Behandlungs- bzw. Untersuchungszeit vor. Die Bilder wurden mit einem Epson Expression 1680 Pro-Scanner digitalisiert und über die Software FR-WIN ausgewertet. 23 Winkel und Strecken wurden untersucht.

Die Daten wurden über EXCEL verarbeitet und mithilfe des Statistikprogramms SPSS Statistics 21 von IBM analysiert. Mit Hilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests wurden die Effekte innerhalb der Untersuchungs- und Kontrollgruppe auf ihre Signifikanzen untersucht. Der Wilcoxon-Rang-Summentest diente zum statistischen Vergleich beider Kollektive.

Die Analyse der sagittalen Kieferrelation ergab eine starke Verbesserung der skelettalen Diskrepanz durch die Sander-II-Apparatur. Dabei war eine deutliche Wachstumssteigerung des Unterkiefers zu registrieren, während der Effekt auf den Oberkiefer gegenüber der Kontrollgruppe nur gering war.

Die Auswertung der vertikalen Kieferrelation ergab eine geringe posteriore Rotation des Oberkiefers und eine anteriore Rotation des Unterkiefers durch die Sander-II-Behandlung. Die Neigung beider Kiefer zueinander verringerte sich also. Die Inklination der Okklusionsebene veränderte sich nicht. Die untere Gesichtshälfte vergrößerte sich gegenüber der oberen in geringem Maße.

Die Analyse der dentalen Lage und Inklination ergab eine deutliche Retroklination der Oberkiefer-Frontzähne und eine sehr geringe Retroklination der Unterkiefer-Frontzähne. In der Kontrollgruppe konnte eine deutliche Proklination der Unterkieferzähne registriert werden, was für eine vermehrt dentale Kompensation der sagittalen Diskrepanz im unbehandelten Kollektiv spricht.

7 Ausblick

Folgestudien sollten sich mit posttherapeutischen Veränderungen bei verschiedenen KFO-Geräten beschäftigen. Gemäß den Ergebnissen von Chayanupatkul et al. (2003) stellt sich die Frage inwiefern sich Behandlungsdauer und -intensität auf den Verlauf nach Therapie auswirken und ob und wie weit unerwünschte Nebeneffekte reversibel sind.

8 Literaturverzeichnis

- Angle EH (1899). Classification of Malocclusion. *Dent Cosmos*; 41:248-264.
- Basciftci FA, Uysal T, Buyukerkmen A, Sari Z (2003). The effects of activator treatment on the craniofacial structures of Class II division 1 patients. *Eur J Orthod*; 25(1):87-93.
- Booij JW, Goeke J, Bronkhorst EM, Katsaros C, Ruf S (2013). Klasse-II-Therapie mit Extraktion der ersten oberen Molaren oder Herbst-Behandlung: Dentoskelettale und Weichteileffekte im Vergleich. *J Orofac Orthop*; 74(1):52-63.
- Burhan AS, Nawaya FR (2015). Dentoskeletal effects of the Bite-Jumping Appliance and the Twin-Block Appliance in the treatment of skeletal Class II malocclusion: a randomized controlled trial. *Eur J Orthod*; 37(3):330-7.
- Chayanupatkul A, Rabie AB, Hagg U (2003). Temporomandibular response to early and late removal of bite-jumping devices. *Eur J Orthod*; 25(5):465-70.
- Clark WJ (1988). The twin block technique. A functional orthopedic appliance system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 93(1):1-18.
- Collett AR (2000). Current concepts on functional appliances and mandibular growth stimulation. *Aust Dent J*; 45(3):173-8.
- Cooke MS, Wei SH (1991). Cephalometric errors: a comparison between repeat measurements and retaken radiographs. *Aust Dent J*; 36(1):38-43.
- Cozza P, De Toffol L, Colagrossi S (2004). Dentoskeletal effects and facial profile changes during activator therapy. *Eur J Orthod*; 26(3):293-302.
- Fischbach H, Kahl-Nieke B (1995). Retrospektive Bewertung von Behandlungen der skelettalen Klasse II mit herausnehmbaren Geräten. *Fortschr Kieferorthop*; 56(3):140-7.
- Franchi L, Pavoni C, Faltin K, Jr., McNamara JA, Jr., Cozza P (2013). Long-term skeletal and dental effects and treatment timing for functional appliances in Class II malocclusion. *Angle Orthod*; 83(2):334-40.
- Goracci C, Ferrari M (2014). Reproducibility of measurements in tablet-assisted, PC-aided, and manual cephalometric analysis. *Angle Orthod*; 84(3):437-42.
- Graber T, Vanarsdall R (1999). *Kieferorthopädie - Grundlagen und moderne Therapiekonzepte*. 1. Auflage. München: Urban & Fischer.
- Hagglund P, Segerdal S, Forsberg CM (2008). The integrated Herbst appliance - treatment effects in a group of adolescent males with Class II malocclusions compared with growth changes in an untreated control group. *Eur J Orthod*; 30(2):120-7.
- Harzer W (2011). *Checklisten der Zahnmedizin - Kieferorthopädie*. 1. Auflage. Stuttgart: Thieme.
- Houston WJ, Maher RE, McElroy D, Sherriff M (1986). Sources of error in measurements from cephalometric radiographs. *Eur J Orthod*; 8(3):149-51.
- Illing HM, Morris DO, Lee RT (1998). A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances - Part I - The hard tissues. *Eur J Orthod*; 20(5):501-16.
- Jakobsson SO, Paulin G (1990). The influence of activator treatment on skeletal growth in Angle Class II: 1 cases. A roentgenocephalometric study. *Eur J Orthod*; 12(2):174-84.
- Janson I (1982). Skelettale und dento-alveoläre Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. [Habilitationsschriften der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde] Berlin: Quintessenz Verlag.
- Jonas I (1984). Knöcherner und Weichteil-Profilveränderungen nach Headgear- und Aktivatortherapie. *Fortschr Kieferorthop*; 45(5):335-47.

- Kamoen A, Dermaut L, Verbeeck R (2001). The clinical significance of error measurement in the interpretation of treatment results. *Eur J Orthod*; 23(5):569-78.
- Kösters M (1929). Neue zwillingspathologische Untersuchungen der Mundhöhle. *Deutsche Monatszeitschrift für Zahnheilkunde*; 45:65-81.
- Lee RT, Kyi CS, Mack GJ (2007). A controlled clinical trial of the effects of the Twin Block and Dynamax appliances on the hard and soft tissues. *Eur J Orthod*; 29(3):272-82.
- Lisson JA, Tränkmann J (2002). Behandlungseffekte bei Klasse II,1-Therapie mit Doppelvorschubplatten. *J Orofac Orthop*; 63(1):14-25.
- Lisson JA, Tränkmann J (2003). Behandlungsbeginn und Behandlungseffekt bei funktionskieferorthopädischer Therapie mit Doppelplatten. *J Orofac Orthop*; 64(5):341-51.
- Lisson JA, Mokrys K, Kinzinger GS, Glasl B, Ludwig B (2013). Veränderungen des Weichgewebes nach Klasse-II,1-Therapie mit Doppelvorschubplatten. *J Orofac Orthop*; 74(2):113-23.
- Manfredi C, Cimino R, Trani A, Pancherz H (2001). Skeletal changes of Herbst appliance therapy investigated with more conventional cephalometrics and European norms. *Angle Orthod*; 71(3):170-6.
- Martina R, Cioffi I, Galeotti A, Tagliaferri R, Cimino R, Michelotti A, Valletta R, Farella M, Paduano S (2013). Efficacy of the Sander bite-jumping appliance in growing patients with mandibular retrusion: a randomized controlled trial. *Orthod Craniofac Res*; 16(2):116-26.
- Mauck C, Sieverding G, J. T (1999). Der sagittale und vertikale Einfluss von Aktivator und Vorschubdoppelplatte auf das Gesichtsschädelwachstum. *Kieferorthop*; 13(2):145-54.
- Miethke R-R (2000). Therapie der Klasse II/1. In: Diedrich P (Hrsg.). *Kieferorthopädie II - Therapie*. [Praxis der Zahnheilkunde; 11/2] 4. Auflage. München: Urban & Fischer; S. 299-314.
- Mokrys K (2009). Weichteilveränderungen bei funktionskieferorthopädischer Behandlung mit Doppelvorschubplatten - Eine Longitudinalstudie. [Dissertation] Saarbrücken: Medizinische Fakultät, Universität des Saarlandes.
- Müller G (1962). Die Doppelplatte mit Oberkiefer-Spornführung. *Fortschr Kieferorthop*; 23:243-250.
- Navarro RdL, Oltramari-Navarro PV, Fernandes TM, Oliveira GF, Conti AC, Almeida MR, Almeida RR (2013). Comparison of manual, digital and lateral CBCT cephalometric analyses. *J Appl Oral Sci*; 21(2):167-76.
- Pancherz H (1982). The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment - A cephalometric investigation. *Am J Orthod*; 82(2):104-13.
- Pancherz H (1984). A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment. *Am J Orthod*; 85(2):125-34.
- Perini TA, de Oliveira GL, dos Santos Ornellas J, de Oliveira FP (2005). Technical error of measurement in anthropometry. *Rev Bras Med Esporte*; 11(1):86-90.
- Saikoski LZ, Cancado RH, Valarelli FP, de Freitas KM (2014). Dentoskeletal effects of Class II malocclusion treatment with the Twin Block appliance in a Brazilian sample: a prospective study. *Dental Press J Orthod*; 19(1):36-45.
- Sander FG (1988). Indikation für die Anwendung der Vorschubdoppelplatte. *Prakt Kieferorthop*; 2:209-222.
- Sander FG (1989a). Der Tageffekt bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte - Vorläufiger Bericht. *Prakt Kieferorthop*; 3:25-32.
- Sander FG (1989c). Der Nachteffekt bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte. *Prakt Kieferorthop*; 3:97-106.

- Sander FG, Lassak C (1990). Die Beeinflussung des Wachstums mit der Vorschubdoppelplatte im Vergleich zu anderen funktionskieferorthopädischen Geräten. *Fortschr Kieferorthop*; 51(3):155-64.
- Sander FG, Weinreich A (1991). Die Vorschubdopplerplatte. *Dtsch Stomatol*; 41(6):195-8.
- Sander FG, Wichelhaus A (1994). Können Magnete oder zusätzliche intermaxilläre Kräfte die Wirkungsweise von Vorschubdoppelplatten verbessern? *Fortschr Kieferorthop*; 55(6):279-89.
- Sander FG, Wichelhaus A (1995). Skelettale und dentale Veränderungen bei der Anwendung der Vorschubdoppelplatte - Ein kephalometrischer Vergleich zu einer unbehandelten Klasse-II-Gruppe. *Fortschr Kieferorthop*; 56(3):127-39.
- Sander FG (2001a). Die Mundöffnung und deren Beeinflussung während der Nacht beim Tragen der SII-Apparatur. *J Orofac Orthop*; 62(2):133-45.
- Sander FG (2001d). Funktionelle Abläufe beim Tragen der SII-Apparatur während des Tages. *J Orofac Orthop*; 62(4):264-74.
- Sander FG (2011). Kieferorthopädische Diagnostik. In: Sander FG, Schwenzler N, Ehrenfeld M (Hrsg.). *Kieferorthopädie. [Zahn-Mund-Kieferheilkunde] 2. Auflage.* Stuttgart: Thieme; S. 14-42.
- Sander FG, Sander C (2011). Funktionskieferorthopädie. In: Sander FG, Schwenzler N, Ehrenfeld M (Hrsg.). *Kieferorthopädie. [Zahn-Mund-Kieferheilkunde] 2. Auflage.* Stuttgart: Thieme; S. 111-195.
- Schopf P (2008a). *Curriculum Kieferorthopädie Band I.* 4. Auflage. Berlin: Quintessenz Verlag.
- Schopf P (2008c). *Curriculum Kieferorthopädie Band II.* 4. Auflage. Berlin: Quintessenz Verlag.
- Schwarz AM (1951). *Lehrgang der Gebissregelung.* 2nd. Wien: Urban & Schwarzenberg.
- Sidlauskas A (2005). The effects of the Twin-block appliance treatment on the skeletal and dentolaveolar changes in Class II Division 1 malocclusion. *Medicina (Kaunas)*; 41(5):392-400.
- Tamoscheit UG (1976). Klinisch genetische Untersuchungen zur sogenannten Angle-Klasse II/1. *Fortschr Kieferorthop*; 37:119-128.
- Tamoscheit UG, Rassl RE (1979). Sippenuntersuchung zur Genetik der Angle Klasse II/1. *Fortschr Kieferorthop*; 40:515 -519.
- Toth LR, McNamara JA, Jr. (1999). Treatment effects produced by the twin-block appliance and the FR-2 appliance of Frankel compared with an untreated Class II sample. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 116(6):597-609.
- Tränkmann J (1985). *Die Plattenapparatur in der Kieferorthopädie.* Berlin: Quintessenz.
- Tsomos G, Ludwig B, Grossen J, Pazera P, Gkantidis N (2014). Objective assessment of patient compliance with removable orthodontic appliances: a cross-sectional cohort study. *Angle Orthod*; 84(1):56-61.
- Turkkahraman H, Sayin MO (2006). Effects of activator and activator headgear treatment - Comparison with untreated Class II subjects. *Eur J Orthod*; 28(1):27-34.
- Valant JR, Sinclair PM (1989). Treatment effects of the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 95(2):138-47.
- VanLaecken R, Martin CA, Dischinger T, Rasmus T, Ngan P (2006). Treatment effects of the edgewise Herbst appliance - a cephalometric and tomographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*; 130(5):582-93.
- Wedler S, Tränkmann J, Lisson JA (2006). Zum Behandlungseffekt bei der Therapie von Kindern mit Angle-Klasse II, 1-Okklusion mit der Doppelvorschubplatte in der vorpubertären und in der pubertären Phase. *J Orofac Orthop*; 67(2):105-15.
- Wichelhaus A (1993a). Die Vorschubdoppelplatte - Modifikationen und deren Einsatzbereich; Teil 2: Kombination der Vorschubdoppelplatte mit einem High-Pull-Headgear (II). *Quintessenz*; 44(12):1799-1811.

- Wichelhaus A (1993c). Die Vorschubdoppelplatte - Modifikationen und deren Einsatzbereich; Teil 2: Kombination der Vorschubdoppelplatte mit einem High-Pull-Headgear (I). Quintessenz; 44(11):1637-1647.
- Wichelhaus A (1993e). Die Vorschubdoppelplatte - Modifikationen und deren Einsatzbereich; Teil 1: Kombination der Vorschubdoppelplatte mit einem Low-Pull-Headgear (II). Quintessenz; 44(10):1469-1479.
- Wichelhaus A (1993g). Die Vorschubdoppelplatte - Modifikationen und deren Einsatzbereich; Teil 1: Kombination der Vorschubdoppelplatte mit einem Low-Pull-Headgear (I). Quintessenz; 44(9):1295-1306.
- Wichelhaus A, Sander FG (1995). Dentale und skelettale Effekte der Vorschubdoppelplatten-High-pull-Headgear-Kombination - Eine klinische Studie behandelter Patienten. Fortschr Kieferorthop; 56(4):202-15.
- Wichelhaus A (2013). Kieferorthopädie - Therapie Band I. [Farbatlanten der Zahnmedizin] 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Wilcoxon F (1945). Individual comparisons by ranking methods. Biometrics Bulletin; 1(6):80-83.

9 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|--------------------|---|
| A | A-Punkt; dorsalster Punkt der Einziehung der anterioren Kontur der Maxilla (Abb. 4.4) |
| AA_Herbst | Maxilläre Kieferbasislänge; Abstand zwischen Punkt A und OLp: sagittale Lage des Oberkiefers (Abb. 4.6) |
| ANB | Winkel zwischen den Linien NA und NB: sagittale Relation beider Kiefer zueinander (Abb. 4.6) |
| Ar | Artikuläre; Schnittpunkt des Röntgenschnitts des aufsteigenden Unterkieferastes und der Schädelbasis (Abb. 4.4) |
| Ar-Go-Me | Kieferwinkel; Winkel zwischen ML und ArGo: Angulation des Kieferwinkels (Abb. 4.7) |
| B | B-Punkt; dorsalster Punkt der Einziehung der anterioren Kontur der Mandibula (Abb. 4.4) |
| Go | Gonion; Schnittpunkt der Mandibularlinie und der Tangente am aufsteigenden Unterkieferast (Abb. 4.4) |
| IsOK_OLp | Abstand zwischen OK1-Inc und OLp: sagittale Lage der oberen mittleren Incisivi (Abb. 4.8) |
| IsUK_OLp | Abstand zwischen UK1-Inc und OLp: sagittale Lage der unteren mittleren Incisivi (Abb. 4.8) |
| M | Mittelwert |
| Me | Menton; Mittelpunkt des unteren Randes der Unterkiefersymphyse (Abb. 4.4) |
| MeGoN | Unterer Kieferwinkel; Winkel zwischen der Linie NGo und ML: Angulation des unteren Teils des Kieferwinkels (Abb. 4.7) |
| ML | Mandibularlinie; Tangente am horizontalen Unterkieferast durch den Punkt Menton (Abb. 4.5) |
| ML-NL | Winkel zwischen ML und NL: Neigung beider Kiefer zueinander (Abb. 4.7) |
| ML-NSL (SNGoMe) | Winkel zwischen ML und NSL: Inklination des Unterkiefers (Abb. 4.7) |
| Mp6OK | Mesialer Kontaktpunkt des ersten Molars im Oberkiefer (Abb. 4.4) |
| Mp6OK_OLp | Abstand zwischen Mp6OK und OLp: sagittale Lage der oberen ersten Molaren (Abb. 4.8) |
| Mp6UK | Mesialer Kontaktpunkt des ersten Molars im Unterkiefer (Abb. 4.4) |
| Mp6UK_OLp | Abstand zwischen Mp6UK und OLp: sagittale Lage der unteren ersten Molaren (Abb. 4.8) |
| N | Nasion; ventralster Punkt der Sutura nasofrontalis (Abb. 4.4) |
| N-Go-Ar | Oberer Kieferwinkel; Winkel zwischen den Linien NGo und ArGo: Angulation des oberen Teils des Kieferwinkels (Abb. 4.7) |
| NL (Sp) | Nasallinie; entsteht durch Verbinden der vorderen und hinteren Spina nasalis (Abb. 4.5) |
| NL-NSL | Winkel zwischen NL und NSL: Neigung des Oberkiefers (Abb. 4.7) |
| NSL | Nasion-Sella-Linie: Verbindungslinie von N und S (Abb. 4.5) |
| NSp:SpMe | Verhältnis zwischen N-Sp und Sp-Me (N-Sp/Sp-Me) in Prozent: Verhältnis der oberen zur unteren Gesichtshälfte getrennt durch die Nasallinie (Abb. 4.7) |
| Occ | Okklusionszentrum; entsteht durch Konstruieren eines Schnittpunktes zwischen den Verbindungslinien von mesialem Kontaktpunkt OK 6 und distalem Kontaktpunkt UK 6 sowie distalem Kontaktpunkt OK 6 und mesialem Kontaktpunkt UK 6 (Abb. 4.4) |

| | |
|---------|--|
| Occ | Okklusionsebene; entsteht durch Verbinden des Okklusionszentrums und der Mitte der Schneidekanten der mittleren Incisivi des Ober- und Unterkiefers (OK1-Inc & UK1-Inc) (Abb. 4.5) |
| Occ-NSL | Winkel zwischen Occ und NSL: Neigung der Okklusionsebene (Abb. 4.7) |
| OK1 | Zahnachse der übereinander projizierten oberen mittleren Schneidezähne (OK1-Inc - OK1-Ap) (Abb. 4.5) |
| OK1-Ap | Apicale superior; Wurzelspitze des mittleren oberen Incisivus (Abb. 4.4) |
| OK1-Inc | Inzision superior; Schneidekante des mittleren oberen Incisivus (Abb. 4.4) |
| OK1-NA | Winkel zwischen OK1 und der Linie NA: Neigung der oberen mittleren Incisivi (Abb. 4.8) |
| OK1-NSL | Winkel zwischen OK1 und NSL: Neigung der oberen mittleren Incisivi (Abb. 4.8) |
| OK1-UK1 | Interinzisalwinkel; Winkel zwischen OK1 und UK1: Neigung der mittleren Incisivi beider Kiefer zueinander (Abb. 4.8) |
| OLp | Okklusionslinie perpendicularare; entsteht durch Fällen eines Lotes auf die Okklusionsebene (Occ oder auch OL) durch den Punkt S (Abb. 4.5) |
| Pog | Pogonion; ventralster Punkt des knöchernen Kinns (Abb. 4.4) |
| Pog_OLp | Abstand zwischen Pog und OLp: sagittale Lage des Kinns und somit des Unterkiefers (Abb. 4.6) |
| rTEM | Relativer technischer Messfehler |
| S | Sella; Mittelpunkt der knöchernen Krypte der Sella Turcica (Abb. 4.4) |
| SD | SD = Standardabweichung |
| SGo:NMe | Gesichtshöhenverhältnis (Ratio); hintere Gesichtshöhe (Abstand zwischen den Punkten S und Go)/vordere Gesichtshöhe (Abstand zwischen den Punkten N und Me) in Prozent: Inklination des Unterkiefers (Abb. 4.7) |
| SNA | Winkel zwischen NSL und der Linie NA: sagittale Position des Oberkiefers (Abb. 4.6) |
| SNB | Winkel zwischen NSL und der Linie NB: sagittale Position des Unterkiefers (Abb. 4.6) |
| Spa | Spitze der Spina nasalis anterior (Abb. 4.4) |
| Spp | Spitze der Spina nasalis posterior (Abb. 4.4) |
| TEM | Absoluter technischer Messfehler |
| UK1 | Zahnachse der übereinander projizierten unteren mittleren Schneidezähne (UK1-Inc - UK1-Ap) (Abb. 4.5) |
| UK1-Ap | Apicale inferior; Wurzelspitze des unteren mittleren Incisivus (Abb. 4.4) |
| UK1-Inc | Inzision inferior; Schneidekante des unteren mittleren Incisivus (Abb. 4.4) |
| UK1-ML | Winkel zwischen UK1 und ML: Neigung der unteren mittleren Incisivi (Abb. 4.8) |
| UK1-NB | Winkel zwischen UK1 und der Linie NB: Neigung der unteren mittleren Incisivi (Abb. 4.8) |
| VDW | Variablendurchschnittswert |
| Z | Median |

10 Anhang

Tabelle 10.1: Ausgangswerte in der Sander-II-Gruppe (n = 102).

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median |
|-------------------------------------|---------|---------|------------|--------------------|--------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | |
| SNA [°] | 73,3 | – 92,9 | 81,82 | 3,76 | 81,65 |
| SNB [°] | 67,8 | – 85,0 | 76,03 | 3,43 | 76,00 |
| ANB [°] | 2,1 | – 9,7 | 5,79 | 1,55 | 5,45 |
| Pog_OLp [mm] | 60,1 | – 81,3 | 69,83 | 4,70 | 70,35 |
| AA_Herbst [mm] | 61,6 | – 77,9 | 70,83 | 3,82 | 71,50 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | |
| NL-NSL [°] | 0,7 | – 17,1 | 6,96 | 3,02 | 6,85 |
| ML-NSL [°] | 22,8 | – 41,3 | 32,03 | 3,55 | 31,90 |
| ML-NL [°] | 9,6 | – 35,7 | 25,08 | 4,78 | 24,65 |
| Occ-NSL [°] | 2,5 | – 19,0 | 11,58 | 2,89 | 11,90 |
| Ar-Go-Me [°] | 111, | – 137,5 | 124,27 | 6,43 | 124,25 |
| Me-Go-N [°] | 60,7 | – 79,7 | 70,14 | 4,09 | 69,85 |
| N-Go-Ar [°] | 46,0 | – 63,9 | 54,13 | 3,98 | 53,90 |
| SGo:NMe [%] | 58,4 | – 73,8 | 65,33 | 3,67 | 64,95 |
| NSp:SpMe [%] | 68,6 | – 102,0 | 83,36 | 6,67 | 81,75 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 97,2 | – 152,1 | 122,12 | 10,92 | 120,80 |
| OK1-NSL [°] | 85,9 | – 131,6 | 106,36 | 9,10 | 107,15 |
| OK1-NA [°] | 1,3 | – 43,8 | 24,53 | 8,26 | 24,70 |
| UK1-ML [°] | 86,5 | – 116,0 | 99,38 | 6,38 | 99,40 |
| UK1-NB [°] | 10,5 | – 41,9 | 27,45 | 5,54 | 27,70 |
| IsOK_OLp [mm] | 62,1 | – 85,2 | 75,16 | 4,26 | 75,30 |
| IsUK_OLp [mm] | 58,6 | – 82,2 | 70,92 | 4,60 | 71,15 |
| Mp6OK_OLp [mm] | 38,2 | – 57,1 | 47,15 | 3,82 | 46,85 |
| Mp6UK_OLp [mm] | 35,5 | – 54,6 | 45,22 | 4,14 | 44,85 |

Tabelle 10.2: Messwerte zum Ende der Behandlung mit der Sander-II-Apparatur (n = 102).

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median | |
|-------------------------------------|---------|---|------------|--------------------|--------|--------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| SNA [°] | 72,8 | – | 91,2 | 81,39 | 3,70 | 81,05 |
| SNB [°] | 69,4 | – | 86,6 | 77,35 | 3,43 | 77,15 |
| ANB [°] | 0,5 | – | 8,4 | 4,04 | 1,51 | 4,00 |
| Pog_OLp [mm] | 61,8 | – | 87,2 | 74,54 | 5,19 | 74,05 |
| AA_Herbst [mm] | 62,6 | – | 83,6 | 73,49 | 4,34 | 73,50 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| NL-NSL [°] | -1,0 | – | 14,0 | 7,36 | 3,01 | 7,55 |
| ML-NSL [°] | 22,4 | – | 43,8 | 31,27 | 4,65 | 31,05 |
| ML-NL [°] | 9,3 | – | 35,7 | 23,91 | 5,11 | 24,30 |
| Occ-NSL [°] | 3,0 | – | 22,6 | 11,52 | 3,67 | 11,70 |
| Ar-Go-Me [°] | 105,8 | – | 138,1 | 122,88 | 6,29 | 122,70 |
| Me-Go-N [°] | 60,0 | – | 80,1 | 70,68 | 4,35 | 70,45 |
| N-Go-Ar [°] | 41,0 | – | 62,1 | 52,19 | 3,92 | 52,05 |
| SGo:NMe [%] | 57,8 | – | 74,9 | 66,84 | 3,81 | 67,10 |
| NSp:SpMe [%] | 68,2 | – | 102,2 | 82,19 | 6,44 | 81,95 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 105,1 | – | 151,6 | 126,99 | 9,31 | 125,90 |
| OK1-NSL [°] | 88,1 | – | 118,5 | 102,70 | 6,62 | 103,05 |
| OK1-NA [°] | 7,6 | – | 33,9 | 21,32 | 5,70 | 22,15 |
| UK1-ML [°] | 84,9 | – | 114,8 | 99,05 | 6,24 | 98,65 |
| UK1-NB [°] | 11,9 | – | 40,7 | 27,66 | 5,42 | 27,80 |
| IsOK_OLp [mm] | 61,2 | – | 88,6 | 77,84 | 5,18 | 78,05 |
| IsUK_OLp [mm] | 58,6 | – | 84,3 | 75,54 | 5,21 | 75,40 |
| Mp6OK_OLp [mm] | 37,2 | – | 61,2 | 50,27 | 4,42 | 50,00 |
| Mp6UK_OLp [mm] | 37,0 | – | 61,8 | 51,57 | 5,00 | 51,05 |

Tabelle 10.3: Differenzen zwischen Anfangs- und Endwerten der Sander-II-Gruppe (n = 102).

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median |
|-------------------------------------|----------------|--------|-------------------|---------------------------|---------------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | |
| SNA [°] | -3,1 | – 2,4 | -0,43 | 0,99 | -0,45 |
| SNB [°] | -0,8 | – 6,2 | 1,31 | 1,10 | 1,30 |
| ANB [°] | -5,0 | – 0,4 | -1,75 | 1,04 | -1,60 |
| Pog_OLp [mm] | -6,6 | – 12,3 | 4,71 | 3,38 | 4,50 |
| AA_Herbst [mm] | -5,8 | – 12,5 | 2,66 | 2,48 | 2,65 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | |
| NL-NSL [°] | -3,1 | – 4,3 | 0,40 | 1,31 | 0,40 |
| ML-NSL [°] | -5,1 | – 3,1 | -0,76 | 1,79 | -0,75 |
| ML-NL [°] | -6,6 | – 5,8 | -1,17 | 2,09 | -1,30 |
| Occ-NSL [°] | -6,3 | – 5,0 | -0,06 | 2,35 | 0,00 |
| Ar-Go-Me [°] | -10,7 | – 5,4 | -1,39 | 2,82 | -0,95 |
| Me-Go-N [°] | -2,9 | – 4,7 | 0,54 | 1,46 | 0,60 |
| N-Go-Ar [°] | -9,3 | – 3,7 | -1,93 | 2,26 | -1,50 |
| SGo:NMe [%] | -3,7 | – 6,0 | 1,50 | 1,72 | 1,45 |
| NSp:SpMe [%] | -9,0 | – 7,9 | -1,18 | 2,92 | -1,30 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | -18,5 | – 18,8 | 4,80 | 6,94 | 5,30 |
| OK1-NSL [°] | -23,1 | – 19,0 | -3,65 | 6,23 | -2,80 |
| OK1-NA [°] | -22,2 | – 19,0 | -3,22 | 6,28 | -2,95 |
| UK1-ML [°] | -9,3 | – 10,3 | -0,33 | 3,68 | -0,20 |
| UK1-NB [°] | -11,7 | – 10,6 | 0,21 | 3,74 | 0,45 |
| IsOK_OLp [mm] | -7,7 | – 11,8 | 2,68 | 2,94 | 2,75 |
| IsUK_OLp [mm] | -7,7 | – 13,0 | 4,62 | 3,05 | 4,75 |
| Mp6OK_OLp [mm] | -5,3 | – 9,2 | 3,12 | 2,61 | 2,90 |
| Mp6UK_OLp [mm] | -2,5 | – 14,8 | 6,35 | 3,03 | 6,15 |

Tabelle 10.4: Jährliche Differenzen bei Behandlung mit der Sander-II-Apparatur (n = 102).

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median |
|-------------------------------------|----------------|-------|-------------------|---------------------------|---------------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | |
| SNA [°/Jahr] | -1,7 | – 0,8 | -0,15 | 0,35 | -0,14 |
| SNB [°/Jahr] | -0,4 | – 1,4 | 0,37 | 0,31 | 0,37 |
| ANB [°/Jahr] | -1,5 | – 0,1 | -0,53 | 0,32 | -0,49 |
| Pog_OLp [mm/Jahr] | -1,7 | – 7,0 | 1,44 | 1,20 | 1,24 |
| AA_Herbst [mm/Jahr] | -1,5 | – 6,2 | 0,79 | 0,88 | 0,71 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | |
| NL-NSL [°/Jahr] | -0,9 | – 1,9 | 0,12 | 0,40 | 0,11 |
| ML-NSL [°/Jahr] | -1,2 | – 1,3 | -0,19 | 0,49 | -0,22 |
| ML-NL [°/Jahr] | -1,9 | – 1,2 | -0,32 | 0,57 | -0,38 |
| Occ-NSL [°/Jahr] | -1,9 | – 1,4 | -0,01 | 0,67 | 0,00 |
| Ar-Go-Me [°/Jahr] | -2,9 | – 2,3 | -0,38 | 0,80 | -0,27 |
| Me-Go-N [°/Jahr] | -0,7 | – 1,6 | 0,18 | 0,43 | 0,19 |
| N-Go-Ar [°/Jahr] | -2,5 | – 1,6 | -0,55 | 0,65 | -0,47 |
| SGo:NMe [%/Jahr] | -1,0 | – 1,5 | 0,42 | 0,48 | 0,41 |
| NSp:SpMe [%/Jahr] | -2,8 | – 2,1 | -0,40 | 0,92 | -0,43 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | |
| OK1-UK1 [°/Jahr] | -10,7 | – 7,2 | 1,18 | 2,43 | 1,47 |
| OK1-NSL [°/Jahr] | -7,4 | – 7,1 | -0,96 | 2,03 | -0,88 |
| OK1-NA [°/Jahr] | -7,1 | – 8,5 | -0,81 | 2,12 | -0,76 |
| UK1-ML [°/Jahr] | -3,4 | – 5,1 | -0,02 | 1,27 | -0,05 |
| UK1-NB [°/Jahr] | -3,0 | – 5,7 | 0,16 | 1,30 | 0,13 |
| IsOK_OLp [mm/Jahr] | -2,0 | – 6,9 | 0,85 | 1,10 | 0,75 |
| IsUK_OLp [mm/Jahr] | -2,0 | – 7,8 | 1,41 | 1,13 | 1,25 |
| Mp6OK_OLp [mm/Jahr] | -1,4 | – 3,7 | 0,91 | 0,76 | 0,83 |
| Mp6UK_OLp [mm/Jahr] | -0,6 | – 6,6 | 1,87 | 0,98 | 1,84 |

Tabelle 10.5: Mittelwerte vor und nach Behandlung mit der Sander-II-Apparatur (n = 102) und Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = signifikant (*); $p \leq 0,01$ = sehr signifikant (**); $p \leq 0,001$ = hoch signifikant (***)), die sich über den Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests ergeben.

| Messwert | Mittelwert | | Signifikanz | |
|-------------------------------------|---------------|-----------|-------------|-----|
| | Anfangsbefund | Endbefund | | |
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | |
| SNA [°] | 81,82 | 81,39 | <0,001 | *** |
| SNB [°] | 76,03 | 77,35 | <0,001 | *** |
| ANB [°] | 5,79 | 4,04 | <0,001 | *** |
| Pog_OLp [mm] | 69,83 | 74,54 | <0,001 | *** |
| AA_Herbst [mm] | 70,83 | 73,49 | <0,001 | *** |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | |
| NL-NSL [°] | 6,96 | 7,36 | 0,002 | ** |
| ML-NSL [°] | 32,03 | 31,27 | <0,001 | *** |
| ML-NL [°] | 25,08 | 23,91 | <0,001 | *** |
| Occ-NSL [°] | 11,58 | 11,52 | 0,951 | |
| Ar-Go-Me [°] | 124,27 | 122,88 | <0,001 | *** |
| Me-Go-N [°] | 70,14 | 70,68 | <0,001 | *** |
| N-Go-Ar [°] | 54,13 | 52,19 | <0,001 | *** |
| SGo:NMe [%] | 65,33 | 66,84 | <0,001 | *** |
| NSp:SpMe [%] | 83,36 | 82,19 | <0,001 | *** |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 122,12 | 126,99 | <0,001 | *** |
| OK1-NSL [°] | 106,36 | 102,70 | <0,001 | *** |
| OK1-NA [°] | 24,53 | 21,32 | <0,001 | *** |
| UK1-ML [°] | 99,38 | 99,05 | 0,474 | |
| UK1-NB [°] | 27,45 | 27,66 | 0,469 | |
| IsOK_OLp [mm] | 75,16 | 77,84 | <0,001 | *** |
| IsUK_OLp [mm] | 70,92 | 75,54 | <0,001 | *** |
| Mp6OK_OLp [mm] | 47,15 | 50,27 | <0,001 | *** |
| Mp6UK_OLp [mm] | 45,22 | 51,57 | <0,001 | *** |

Tabelle 10.6: Ausgangswerte in der Kontrollgruppe (n = 64).

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median |
|-------------------------------------|---------|---------|------------|--------------------|--------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | |
| SNA [°] | 71,9 | – 88,0 | 80,03 | 3,17 | 79,30 |
| SNB [°] | 68,8 | – 85,1 | 75,65 | 3,53 | 74,80 |
| ANB [°] | -0,6 | – 8,1 | 4,39 | 1,96 | 4,50 |
| Pog_OLp [mm] | 56,3 | – 83,5 | 69,73 | 5,43 | 70,25 |
| AA_Herbst [mm] | 60,2 | – 75,9 | 68,57 | 3,72 | 68,45 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | |
| NL-NSL [°] | 0,2 | – 14,2 | 6,49 | 2,88 | 5,95 |
| ML-NSL [°] | 19,4 | – 45,2 | 34,04 | 5,53 | 34,55 |
| ML-NL [°] | 13,1 | – 40,0 | 27,57 | 5,14 | 27,40 |
| Occ-NSL [°] | 3,5 | – 25,6 | 13,19 | 4,10 | 13,55 |
| Ar-Go-Me [°] | 110,7 | – 141,2 | 125,95 | 5,75 | 125,60 |
| Me-Go-N [°] | 62,9 | – 80,9 | 72,17 | 4,26 | 71,90 |
| N-Go-Ar [°] | 47,8 | – 63,0 | 53,77 | 3,38 | 53,60 |
| SGo:NMe [%] | 54,5 | – 77,8 | 64,23 | 4,65 | 63,70 |
| NSp:SpMe [%] | 69,8 | – 99,3 | 81,29 | 5,98 | 80,75 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 109,8 | – 160,5 | 131,23 | 10,28 | 129,70 |
| OK1-NSL [°] | 77,0 | – 117,1 | 100,31 | 7,60 | 100,50 |
| OK1-NA [°] | 1,6 | – 34,9 | 20,28 | 6,97 | 20,90 |
| UK1-ML [°] | 80,8 | – 109,8 | 94,42 | 6,33 | 94,95 |
| UK1-NB [°] | 12,0 | – 38,0 | 24,11 | 5,80 | 24,40 |
| IsOK_OLp [mm] | 57,6 | – 80,4 | 72,35 | 4,72 | 72,65 |
| IsUK_OLp [mm] | 56,3 | – 78,3 | 69,63 | 5,06 | 69,95 |
| Mp6OK_OLp [mm] | 35,7 | – 52,6 | 45,47 | 3,40 | 45,65 |
| Mp6UK_OLp [mm] | 33,1 | – 52,1 | 45,59 | 3,85 | 45,45 |

Tabelle 10.7: Endwerte nach Abschluss der Beobachtung der Patienten der Kontrollgruppe (n = 64).

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median | |
|-------------------------------------|----------------|---|-------------------|---------------------------|---------------|--------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| SNA [°] | 71,5 | – | 87,9 | 79,90 | 3,22 | 79,05 |
| SNB [°] | 69,2 | – | 85,2 | 75,97 | 3,63 | 75,30 |
| ANB [°] | -1,0 | – | 7,1 | 3,93 | 1,82 | 3,95 |
| Pog_OLp [mm] | 58,5 | – | 83,0 | 70,59 | 5,41 | 70,95 |
| AA_Herbst [mm] | 61,2 | – | 78,6 | 69,34 | 4,06 | 69,90 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| NL-NSL [°] | 0,6 | – | 14,5 | 6,59 | 2,99 | 6,15 |
| ML-NSL [°] | 18,8 | – | 47,8 | 34,08 | 5,81 | 34,25 |
| ML-NL [°] | 14,1 | – | 41,2 | 27,47 | 5,39 | 26,85 |
| Occ-NSL [°] | 3,8 | – | 25,1 | 13,17 | 4,07 | 12,75 |
| Ar-Go-Me [°] | 112,2 | – | 141,8 | 125,70 | 5,62 | 125,40 |
| Me-Go-N [°] | 63,6 | – | 82,9 | 72,63 | 4,37 | 72,40 |
| N-Go-Ar [°] | 48,1 | – | 61,0 | 53,07 | 3,27 | 52,40 |
| SGo:NMe [%] | 53,2 | – | 77,9 | 64,56 | 4,80 | 64,00 |
| NSp:SpMe [%] | 68,9 | – | 96,4 | 81,16 | 5,81 | 81,00 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 110,2 | – | 156,7 | 130,49 | 9,51 | 130,45 |
| OK1-NSL [°] | 81,0 | – | 116,1 | 100,26 | 6,48 | 100,15 |
| OK1-NA [°] | 5,2 | – | 32,8 | 20,36 | 5,63 | 20,50 |
| UK1-ML [°] | 77,7 | – | 109,3 | 95,18 | 6,76 | 95,90 |
| UK1-NB [°] | 10,5 | – | 35,3 | 25,22 | 6,19 | 26,20 |
| IsOK_OLp [mm] | 59,1 | – | 83,1 | 73,39 | 4,97 | 72,65 |
| IsUK_OLp [mm] | 56,9 | – | 82,4 | 71,17 | 5,48 | 71,25 |
| Mp6OK_OLp [mm] | 36,5 | – | 54,5 | 46,29 | 3,80 | 46,25 |
| Mp6UK_OLp [mm] | 35,8 | – | 56,4 | 46,95 | 4,07 | 46,90 |

Tabelle 10.8: Differenzen zwischen Ausgangs- und Endwerten der Kontrollgruppe (n = 64).

| Messwert | Bereich | | | Mittelwert | Standardabweichung | Median |
|-------------------------------------|----------------|---|------|-------------------|---------------------------|---------------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| SNA [°] | -2,4 | – | 1,1 | -0,12 | 0,58 | -0,10 |
| SNB [°] | -1,1 | – | 1,9 | 0,32 | 0,57 | 0,30 |
| ANB [°] | -2,4 | – | 0,9 | -0,46 | 0,67 | -0,40 |
| Pog_OLp [mm] | -3,5 | – | 8,0 | 0,86 | 2,36 | 0,55 |
| AA_Herbst [mm] | -2,1 | – | 4,4 | 0,77 | 1,52 | 0,80 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| NL-NSL [°] | -2,8 | – | 2,0 | 0,11 | 0,98 | -0,10 |
| ML-NSL [°] | -3,8 | – | 2,8 | 0,03 | 1,24 | 0,20 |
| ML-NL [°] | -5,0 | – | 3,2 | -0,10 | 1,58 | 0,00 |
| Occ-NSL [°] | -9,6 | – | 6,5 | -0,02 | 2,42 | 0,10 |
| Ar-Go-Me [°] | -2,9 | – | 2,3 | -0,24 | 1,28 | -0,30 |
| Me-Go-N [°] | -3,3 | – | 2,5 | 0,45 | 1,23 | 0,60 |
| N-Go-Ar [°] | -3,3 | – | 1,4 | -0,70 | 1,09 | -0,50 |
| SGo:NMe [%] | -1,5 | – | 3,1 | 0,32 | 0,93 | 0,40 |
| NSp:SpMe [%] | -5,6 | – | 6,9 | -0,13 | 2,53 | -0,10 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | -30,0 | – | 18,0 | -0,74 | 8,32 | -0,35 |
| OK1-NSL [°] | -15,2 | – | 17,5 | -0,05 | 5,57 | -0,50 |
| OK1-NA [°] | -15,4 | – | 17,3 | 0,08 | 5,60 | -0,45 |
| UK1-ML [°] | -7,7 | – | 14,5 | 0,76 | 4,22 | 0,50 |
| UK1-NB [°] | -7,5 | – | 14,6 | 1,11 | 4,26 | 1,10 |
| IsOK_OLp [mm] | -2,6 | – | 6,6 | 1,04 | 1,98 | 0,75 |
| IsUK_OLp [mm] | -2,1 | – | 7,4 | 1,54 | 2,13 | 1,05 |
| Mp6OK_OLp [mm] | -3,1 | – | 7,4 | 0,81 | 1,89 | 0,70 |
| Mp6UK_OLp [mm] | -2,1 | – | 8,2 | 1,35 | 2,32 | 0,80 |

Tabelle 10.9: Jährliche Veränderungen der Variablen der Kontrollgruppe (n = 64) im Sinne eines natürlichen Wachstums.

| Messwert | Bereich | | Mittelwert | Standardabweichung | Median | |
|-------------------------------------|----------------|---|-------------------|---------------------------|---------------|-------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| SNA [°/Jahr] | -1,5 | – | 2,7 | -0,06 | 0,57 | -0,06 |
| SNB [°/Jahr] | -0,9 | – | 2,2 | 0,29 | 0,53 | 0,22 |
| ANB [°/Jahr] | -2,5 | – | 0,9 | -0,36 | 0,60 | -0,38 |
| Pog_OLp [mm/Jahr] | -4,2 | – | 4,3 | 0,62 | 2,04 | 0,59 |
| AA_Herbst [mm/Jahr] | -4,6 | – | 4,0 | 0,64 | 1,60 | 0,81 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | | |
| NL-NSL [°/Jahr] | -4,9 | – | 2,8 | 0,04 | 1,11 | -0,07 |
| ML-NSL [°/Jahr] | -5,7 | – | 2,2 | -0,03 | 1,23 | 0,12 |
| ML-NL [°/Jahr] | -5,5 | – | 3,4 | -0,10 | 1,52 | 0,00 |
| Occ-NSL [°/Jahr] | -6,8 | – | 4,4 | -0,04 | 1,94 | 0,06 |
| Ar-Go-Me [°/Jahr] | -5,7 | – | 3,3 | -0,21 | 1,40 | -0,17 |
| Me-Go-N [°/Jahr] | -7,6 | – | 4,1 | 0,28 | 1,52 | 0,39 |
| N-Go-Ar [°/Jahr] | -2,6 | – | 3,2 | -0,50 | 1,03 | -0,48 |
| SGo:NMe [%/Jahr] | -3,3 | – | 2,0 | 0,27 | 0,86 | 0,28 |
| NSp:SpMe [%/Jahr] | -9,5 | – | 6,9 | -0,17 | 2,55 | -0,15 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | | |
| OK1-UK1 [°/Jahr] | -24,0 | – | 14,8 | -0,05 | 6,39 | -0,37 |
| OK1-NSL [°/Jahr] | -12,5 | – | 10,3 | -0,20 | 4,12 | -0,59 |
| OK1-NA [°/Jahr] | -12,6 | – | 10,2 | -0,13 | 4,15 | -0,47 |
| UK1-ML [°/Jahr] | -9,1 | – | 14,1 | 0,27 | 3,66 | 0,35 |
| UK1-NB [°/Jahr] | -8,0 | – | 15,0 | 0,53 | 3,64 | 0,55 |
| IsOK_OLp [mm/Jahr] | -5,7 | – | 6,1 | 0,85 | 1,99 | 1,03 |
| IsUK_OLp [mm/Jahr] | -2,6 | – | 6,5 | 1,29 | 1,93 | 1,30 |
| Mp6OK_OLp [mm/Jahr] | -3,2 | – | 3,9 | 0,64 | 1,45 | 0,68 |
| Mp6UK_OLp [mm/Jahr] | -2,4 | – | 6,9 | 1,18 | 1,95 | 1,23 |

Tabelle 10.10: Mittelwerte zu Beginn und zum Ende der Untersuchungszeit der Kontrollgruppe (n = 64) und Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = „signifikant“ (*); $p \leq 0,01$ = „sehr signifikant“ (**); $p \leq 0,001$ = „hoch signifikant“ (***)), die sich mit Hilfe des Wilcoxon-Vorzeichen-Rangtests ergeben.

| Messwert | Mittelwert | | Signifikanz |
|-------------------------------------|---------------|-----------|-------------|
| | Anfangsbefund | Endbefund | |
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | |
| SNA [°] | 80,03 | 79,90 | 0,111 |
| SNB [°] | 75,65 | 75,97 | <0,001 *** |
| ANB [°] | 4,39 | 3,93 | <0,001 *** |
| Pog_OLp [mm] | 69,73 | 70,59 | 0,049 * |
| AA_Herbst [mm] | 68,57 | 69,34 | 0,005 ** |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | |
| NL-NSL [°] | 6,49 | 6,59 | 0,424 |
| ML-NSL [°] | 34,04 | 34,08 | 0,626 |
| ML-NL [°] | 27,57 | 27,47 | 0,801 |
| Occ-NSL [°] | 13,19 | 13,17 | 0,915 |
| Ar-Go-Me [°] | 125,95 | 125,70 | 0,154 |
| Me-Go-N [°] | 72,17 | 72,63 | 0,002 ** |
| N-Go-Ar [°] | 53,77 | 53,07 | <0,001 *** |
| SGo:NMe [%] | 64,23 | 64,56 | 0,012 * |
| NSp:SpMe [%] | 81,29 | 81,16 | 0,620 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | |
| OK1-UK1 [°] | 131,23 | 130,49 | 0,649 |
| OK1-NSL [°] | 100,31 | 100,26 | 0,763 |
| OK1-NA [°] | 20,28 | 20,36 | 0,888 |
| UK1-ML [°] | 94,42 | 95,18 | 0,321 |
| UK1-NB [°] | 24,11 | 25,22 | 0,091 |
| IsOK_OLp [mm] | 72,35 | 73,39 | 0,003 ** |
| IsUK_OLp [mm] | 69,63 | 71,17 | <0,001 *** |
| Mp6OK_OLp [mm] | 45,47 | 46,29 | 0,010 ** |
| Mp6UK_OLp [mm] | 45,59 | 46,95 | 0,001 *** |

Tabelle 10.11: Gegenüberstellung der statistischen Auswertung der beiden Patientenkollektive (Sander-II-Gruppe: n=102; Kontrollgruppe: n=64) über die komplette Untersuchungszeit mit den Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = „signifikant“ (*); $p \leq 0,01$ = „sehr signifikant“ (**); $p \leq 0,001$ = „hoch signifikant“ (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben (SD, Standardabweichung).

| Messwert | Sander-II-Gruppe | | | Kontrollgruppe | | | Signifikanz |
|-------------------------------------|------------------|------|--------|----------------|------|--------|-------------|
| | Mittelwert | SD | Median | Mittelwert | SD | Median | |
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | | | |
| SNA [°] | -0,43 | 0,99 | -0,45 | -0,12 | 0,58 | -0,10 | 0,016 * |
| SNB [°] | 1,31 | 1,10 | 1,30 | 0,32 | 0,57 | 0,30 | <0,001 *** |
| ANB [°] | -1,75 | 1,04 | -1,60 | -0,46 | 0,67 | -0,40 | <0,001 *** |
| Pog_OLp [mm] | 4,71 | 3,38 | 4,50 | 0,86 | 2,36 | 0,55 | <0,001 *** |
| AA_Herbst [mm] | 2,66 | 2,48 | 2,65 | 0,77 | 1,52 | 0,80 | <0,001 *** |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | | | |
| NL-NSL [°] | 0,40 | 1,31 | 0,40 | 0,11 | 0,98 | -0,10 | 0,080 |
| ML-NSL [°] | -0,76 | 1,79 | -0,75 | 0,03 | 1,24 | 0,20 | 0,002 ** |
| ML-NL [°] | -1,17 | 2,09 | -1,30 | -0,10 | 1,58 | 0,00 | <0,001 *** |
| Occ-NSL [°] | -0,06 | 2,35 | 0,00 | -0,02 | 2,42 | 0,10 | 0,896 |
| Ar-Go-Me [°] | -1,39 | 2,82 | -0,95 | -0,24 | 1,28 | -0,30 | 0,012 * |
| Me-Go-N [°] | 0,54 | 1,46 | 0,60 | 0,45 | 1,23 | 0,60 | 0,933 |
| N-Go-Ar [°] | -1,93 | 2,26 | -1,50 | -0,70 | 1,09 | -0,50 | <0,001 *** |
| SGo:NMe [%] | 1,50 | 1,72 | 1,45 | 0,32 | 0,93 | 0,40 | <0,001 *** |
| NSp:SpMe [%] | -1,18 | 2,92 | -1,30 | -0,13 | 2,53 | -0,10 | 0,018 * |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | | | |
| OK1-UK1 [°] | 4,80 | 6,94 | 5,30 | -0,74 | 8,32 | -0,35 | <0,001 *** |
| OK1-NSL [°] | -3,65 | 6,23 | -2,80 | -0,05 | 5,57 | -0,50 | <0,001 *** |
| OK1-NA [°] | -3,22 | 6,28 | -2,95 | 0,08 | 5,60 | -0,45 | 0,001 *** |
| UK1-ML [°] | -0,33 | 3,68 | -0,20 | 0,76 | 4,22 | 0,50 | 0,206 |
| UK1-NB [°] | 0,21 | 3,74 | 0,45 | 1,11 | 4,26 | 1,10 | 0,344 |
| IsOK_OLp [mm] | 2,68 | 2,94 | 2,75 | 1,04 | 1,98 | 0,75 | <0,001 *** |
| IsUK_OLp [mm] | 4,62 | 3,05 | 4,75 | 1,54 | 2,13 | 1,05 | <0,001 *** |
| Mp6OK_OLp [mm] | 3,12 | 2,61 | 2,90 | 0,81 | 1,89 | 0,70 | <0,001 *** |
| Mp6UK_OLp [mm] | 6,35 | 3,03 | 6,15 | 1,35 | 2,32 | 0,80 | <0,001 *** |

Tabelle 10.12: Gegenüberstellung der statistischen Auswertung der beiden Patientenkollektive (Sander-II-Gruppe: n=102; Kontrollgruppe: n=64) im jährlichen Vergleich mit den Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = „signifikant“ (*); $p \leq 0,01$ = „sehr signifikant“ (**); $p \leq 0,001$ = „hoch signifikant“ (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben (SD = Standardabweichung).

| Messwert | Sander-II-Gruppe | | | Kontrollgruppe | | | Signifikanz |
|-------------------------------------|------------------|------|--------|----------------|------|--------|-------------|
| | Mittelwert | SD | Median | Mittelwert | SD | Median | |
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | | | | | | |
| SNA [°/Jahr] | -0,15 | 0,35 | -0,14 | -0,06 | 0,57 | -0,06 | 0,156 |
| SNB [°/Jahr] | 0,37 | 0,31 | 0,37 | 0,29 | 0,53 | 0,22 | 0,036 * |
| ANB [°/Jahr] | -0,53 | 0,32 | -0,49 | -0,36 | 0,60 | -0,38 | 0,004 ** |
| Pog_OLp [mm/Jahr] | 1,44 | 1,20 | 1,24 | 0,62 | 2,04 | 0,59 | 0,007 ** |
| AA_Herbst [mm/Jahr] | 0,79 | 0,88 | 0,71 | 0,64 | 1,60 | 0,81 | 0,812 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | | | | | | |
| NL-NSL [°/Jahr] | 0,12 | 0,40 | 0,11 | 0,04 | 1,11 | -0,07 | 0,381 |
| ML-NSL [°/Jahr] | -0,19 | 0,49 | -0,22 | -0,03 | 1,23 | 0,12 | 0,012 * |
| ML-NL [°/Jahr] | -0,32 | 0,57 | -0,38 | -0,10 | 1,52 | 0,00 | 0,124 |
| Occ-NSL [°/Jahr] | -0,01 | 0,67 | 0,00 | -0,04 | 1,94 | 0,06 | 0,734 |
| Ar-Go-Me [°/Jahr] | -0,38 | 0,80 | -0,27 | -0,21 | 1,40 | -0,17 | 0,257 |
| Me-Go-N [°/Jahr] | 0,18 | 0,43 | 0,19 | 0,28 | 1,52 | 0,39 | 0,066 |
| N-Go-Ar [°/Jahr] | -0,55 | 0,65 | -0,47 | -0,50 | 1,03 | -0,48 | 0,881 |
| SGo:NMe [%/Jahr] | 0,42 | 0,48 | 0,41 | 0,27 | 0,86 | 0,28 | 0,197 |
| NSp:SpMe [%/Jahr] | -0,40 | 0,92 | -0,43 | -0,17 | 2,55 | -0,15 | 0,354 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | | | | | | |
| OK1-UK1 [°/Jahr] | 1,18 | 2,43 | 1,47 | -0,05 | 6,39 | -0,37 | 0,053 |
| OK1-NSL [°/Jahr] | -0,96 | 2,03 | -0,88 | -0,20 | 4,12 | -0,59 | 0,175 |
| OK1-NA [°/Jahr] | -0,81 | 2,12 | -0,76 | -0,13 | 4,15 | -0,47 | 0,238 |
| UK1-ML [°/Jahr] | -0,02 | 1,27 | -0,05 | 0,27 | 3,66 | 0,35 | 0,278 |
| UK1-NB [°/Jahr] | 0,16 | 1,30 | 0,13 | 0,53 | 3,64 | 0,55 | 0,206 |
| IsOK_OLp [mm/Jahr] | 0,85 | 1,10 | 0,75 | 0,85 | 1,99 | 1,03 | 0,673 |
| IsUK_OLp [mm/Jahr] | 1,41 | 1,13 | 1,25 | 1,29 | 1,93 | 1,30 | 0,616 |
| Mp6OK_OLp [mm/Jahr] | 0,91 | 0,76 | 0,83 | 0,64 | 1,45 | 0,68 | 0,164 |
| Mp6UK_OLp [mm/Jahr] | 1,87 | 0,98 | 1,84 | 1,18 | 1,95 | 1,23 | 0,005 ** |

Tabelle 10.13: Effektive jährliche Wachstumsbeeinflussung durch die Sander-II-Apparatur (Differenzen zwischen den Mittelwerten für die jährlichen Differenzen von Kontrollgruppe n=64 und Sander-II-Gruppe n=102) mit den Signifikanzen ($p \leq 0,05$ = „signifikant“ (*); $p \leq 0,01$ = „sehr signifikant“ (**); $p \leq 0,001$ = „hoch signifikant“ (***)), die sich aus dem Wilcoxon-Rang-Summentest ergeben.

| Messwert | Mittelwert | Signifikanz |
|-------------------------------------|------------|-------------|
| <i>Sagittale Kieferrelation</i> | | |
| SNA [°/Jahr] | -0,09 | 0,156 |
| SNB [°/Jahr] | +0,08 | 0,036 * |
| ANB [°/Jahr] | -0,17 | 0,004 ** |
| Pog_OLp [mm/Jahr] | +0,82 | 0,007 ** |
| AA_Herbst [mm/Jahr] | +0,15 | 0,812 |
| <i>Vertikale Kieferrelation</i> | | |
| NL-NSL [°/Jahr] | +0,08 | 0,381 |
| ML-NSL [°/Jahr] | -0,16 | 0,012 * |
| ML-NL [°/Jahr] | -0,22 | 0,124 |
| Occ-NSL [°/Jahr] | +0,03 | 0,734 |
| Ar-Go-Me [°/Jahr] | -0,17 | 0,257 |
| Me-Go-N [°/Jahr] | -0,10 | 0,066 |
| N-Go-Ar [°/Jahr] | -0,05 | 0,881 |
| SGo:NMe [%/Jahr] | +0,15 | 0,197 |
| NSp:SpMe [%/Jahr] | -0,23 | 0,354 |
| <i>Dentale Lage und Inklination</i> | | |
| OK1-UK1 [°/Jahr] | +1,23 | 0,053 |
| OK1-NSL [°/Jahr] | -0,76 | 0,175 |
| OK1-NA [°/Jahr] | -0,68 | 0,238 |
| UK1-ML [°/Jahr] | -0,29 | 0,278 |
| UK1-NB [°/Jahr] | -0,37 | 0,206 |
| IsOK_OLp [mm/Jahr] | +0,00 | 0,673 |
| IsUK_OLp [mm/Jahr] | +0,12 | 0,616 |
| Mp6OK_OLp [mm/Jahr] | +0,27 | 0,164 |
| Mp6UK_OLp [mm/Jahr] | +0,69 | 0,005 ** |

11 Danksagung

Mein herzlicher Dank gilt Frau Prof. Dr. Andrea Wichelhaus für die freundliche Überlassung des Themas und die Möglichkeit in ihrer Abteilung für Kieferorthopädie der Ludwig-Maximilians-Universität München zu promovieren.

Ich bedanke mich besonders bei Dr. Uwe Baumert, der mich zu jedem Zeitpunkt meiner Arbeit tatkräftig unterstützte und mir auch zu allen Fragestellungen einer Promotionsarbeit, die über das reine Fachwissen der Kieferorthopädie hinausgehen, zur Seite stand.

Ein weiterer Dank gilt Dr. Fladimir Tarabain für die zeitweise Überlassung seines Arbeitsplatzes und für wertvolle Tipps bei der Auswertung der Röntgenbilder.

Ganz besonders bedanke ich mich bei Dr. Richard Haas für die Überlassung der Patientenfälle der Sander-II-Gruppe und seinen fachlichen Rat, mit dem er mir stets zur Seite stand.

Nicht zuletzt bedanke ich mich bei meiner Familie und meiner Freundin für Unterstützung, Motivation und Geduld.