

Aus der Klinik für Kieferorthopädie

Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar

Direktor: Univ.-Prof. Dr. Jörg A. Lisson, M.Sc.

Vergleich der Effekte von Delaire-Maske und skelettal verankerter Klasse III-Mechanik

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2025

vorgelegt von: Annik Antonia Loew

geb. am: 11.12.1998 in Saarbrücken

Tag der Promotion: 29.09.2025

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Matthias Hannig

1. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Jörg A. Lisson

2. Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Stefan Landgraeber

Meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1.1	Deutsche Zusammenfassung	3
1.2	Abstract	4
2.1	Die Klasse III-Dysgnathie	5
2.1.1	Ätiologie der Klasse III-Dysgnathie.....	5
2.1.2	Knochenentwicklung und -wachstum	6
2.1.1	Die Delaire-Maske.....	7
2.1.2	Die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik nach De Clerck	8
2.1.3	Vergleich von skelettaler und dentaler Verankerung in der Literatur.....	9
2.2	Ziel der Arbeit	9
3.1	Ethikantrag	11
3.2	Patientenkollektiv und Studienaufbau	11
3.3	Behandlungsprotokoll mit Delaire-Maske.....	12
3.4	Behandlungsprotokoll der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik.....	14
3.5	Auswertung der Fernröntgenseitenbilder	16
3.6	Die Modellpaare	23
3.6.1	Die Modellauswertung.....	23
4.1.1	Durchschnittliche Behandlungsdauer	30
4.2	Ergebnisse der Fernröntgenseitenauswertung	30
4.2.1	Veränderungen innerhalb und zwischen den Gruppen.....	31
4.3	Ergebnisse der Modellauswertung.....	39
4.3.1	Veränderungen innerhalb und zwischen den Gruppen.....	39
4.4	Ergebnisse der Auswertung der extraoralen Fotoaufnahmen	42
4.5	Komplikationen.....	47

4.6	Retest-Reliabilität	47
5.1	Patientenkollektiv und Methodik	48
5.1.1	Fernröntgenseitenbilder	49
5.1.2	Modellauswertung	50
5.1.3	Auswertung der extraoralen Fotoaufnahmen.....	50
5.2	Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen aus der Literatur	50
5.3	Schlussfolgerungen	54
7.1	Publikation.....	61
7.2	Danksagung	61
9.1	Tabellenverzeichnis.....	63
9.2	Abbildungsverzeichnis	64

1 Zusammenfassung

In der folgenden Arbeit wird der maskuline Plural zur besseren Lesbarkeit geschlechtsübergreifend verwendet.

1.1 Deutsche Zusammenfassung

Ziel:

Das Ziel dieser Arbeit war der Vergleich von Therapieeffekten von Delaire-Maske und skelettal verankerter Klasse III-Mechanik in Anlehnung an die Methode nach De Clerck.

Patienten und Methode:

Untersucht wurden Patienten, die aufgrund einer frühen ausgeprägten maxillären Mikro- beziehungsweise Retrognathie mittels Delaire-Maske (Gruppe 1) oder skelettal verankerter Klasse III-Mechanik (Gruppe 2) therapiert wurden. Zur Beurteilung der Therapieeffekte wurden extraorale Fotoaufnahmen, Modellpaare und Fernröntgenseitenbilder vor Therapiebeginn und nach frühestens einem Jahr nach Insertion der Apparaturen ausgewertet und verglichen.

Ergebnisse:

In Gruppe 2 konnte eine höchst signifikante ($p < 0,001$) Verlagerung des Oberkiefers nach anterior beobachtet werden. Die sagittale Kieferrelation veränderte sich in beiden Gruppen hoch signifikant ($p < 0,01$). Die vertikale Kieferrelation vergrößerte sich in Gruppe 1 hoch signifikant ($p < 0,01$). In Gruppe 1 war eine hoch signifikante ($p < 0,01$) Proklination der Oberkiefer-Schneidezähne zu beobachten. Zudem zeigte sich in Gruppe 1 eine hoch signifikante ($p < 0,01$) Retroinklination der Unterkiefer-Schneidezähne. Die Oberlippe der Patienten aus Gruppe 1 verlagerte sich signifikant ($p < 0,05$) nach anterior. In Gruppe 2 verlagerte sich die Unterlippe signifikant ($p < 0,05$) nach posterior. Die anteriore und posteriore Zahnbogenbreite vergrößerten sich in Gruppe 1 höchst signifikant ($p < 0,001$). Die sagittale Frontzahnstufe vergrößerte sich in Gruppe 1 höchst signifikant ($p < 0,001$) und in Gruppe 2 signifikant ($p < 0,05$). Veränderungen der Lippenstufe waren in Gruppe 1 signifikant ($p < 0,05$).

Schlussfolgerung:

Beide Behandlungsmethoden erzielten eine Protraktion der Maxilla. Bei Verwendung der Delaire-Maske ist mit dentalen Nebenwirkungen und einer Bissöffnung durch posteriore Rotation der Mandibula zu rechnen. Diese Nebenwirkungen sind bei der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik nicht zu beobachten.

1.2 Abstract

Aim:

The aim of this study was to compare the effectiveness of the treatment with Delaire type facemask versus bone anchored Class III treatment.

Method:

Patients who were treated early due to maxillary micrognathia or retrognathia using a Delaire type facemask (group 1) or bone anchored Class III treatment (group 2) were investigated. To assess the treatment effects, extraoral photographs, dental casts and cephalometric radiographs were analysed and compared before the treatment and at earliest one year after insertion of the appliances.

Results:

In group 2, anterior displacement of the maxilla was observed with the highest significance ($p < 0.001$). The sagittal jaw relation changed highly significant in both groups ($p < 0.01$). The vertical jaw relation increased highly significant in group 1 ($p < 0.01$). A highly significant ($p < 0.01$) proclination of the maxillary incisors was observed in group 1. In addition, a highly significant ($p < 0.01$) retroinclination of the mandibular incisors was observed in group 1. The upper lip protruded significantly ($p < 0.05$) in group 1. The lower lip retruded significantly in group 2 ($p < 0.05$).

The anterior and posterior dental arch width and the sagittal anterior tooth step increased with the highest significance in group 1 ($p < 0.001$). The overjet increased significantly in group 2 ($p < 0.05$).

The changes in the lip level were significant in group 1 ($p < 0.05$).

Conclusion:

Both methods achieved protraction of the maxilla. When using the Delaire type facemask, dental side effects and bite opening due to posterior rotation of the mandible are to be expected. These side effects are less expected with the bone anchored Class III treatment.

2 Einleitung

2.1 Die Klasse III-Dysgnathie

Edward Hartley Angle führte 1899 eine Klassifikation der Okklusionsbeziehungen ein [2]. Ausschlaggebend für die Zugehörigkeit zu der von ihm definierten Klasse I, II oder III ist die Relation der Sechsjahrmolaren von Ober- und Unterkiefer in Interkuspidation zueinander. Eine Klasse I oder auch Neutralokklusion liegt vor, wenn die mesiobukkalen Höckerspitzen der oberen Sechsjahrmolaren in die Vestibulärfissuren der Unterkiefersechsjahrmolaren zeigen. Liegt der Referenzpunkt des Unterkiefers distal zu jenem des Oberkiefers, definiert Angle die Okklusion als Klasse II. Liegt er mesial, handelt es sich um eine Klasse III [2].

Weltweit kommt die Angle Klasse III bei Kindern im Gebiss der ersten Dentition mit einer Prävalenz von 7,8 % vor. In Europa sind 13 % der Kinder bereits im Gebiss der ersten Dentition betroffen. 3 % der Kinder in Europa sind im Wechselgebiss betroffen. Weltweit sind es 6 % [43].

2.1.1 Ätiologie der Klasse III-Dysgnathie

Die Entstehung einer Klasse III-Dysgnathie ist multifaktoriell bedingt. Neben genetischer Disposition [15,21] sind myofunktionelle Störungen wie eine kaudale Zungenlage, eine Makroglossie und eine eingeschränkte Nasenatmung, denkbar [23,28,63]. Diese Phänomene können zu einer Wachstumsstimulation des Unterkiefers führen. Gleichzeitig führt das fehlende Anlagern der Zunge am Gaumen zum Ausbleiben der Wachstumsstimulation des Oberkiefers. Es resultiert ein schmäleres Gaumengewölbe [28]. Delaire [23] beschrieb die Notwendigkeit der Entfernung von Tonsillen, sollten diese die Nasenatmung behindern. Ebenso kann eine frühzeitige Verknöcherung von Suturen eine Klasse III-Dysgnathie bedingen [55].

Die Angle Klasse III-Dysgnathie umfasst eine Vielzahl an dentoalveolären und skelettalen Anomalien. Die Kiefer können sich in Größe und Lage zueinander unterscheiden. Es können eine maxilläre Mikro- oder Retrognathie sowie mandibuläre Makro- oder Prognathie auftreten. Kombinationen sind ebenfalls möglich [23,29,33].

Die Kieferrelation kann zu funktionellen Beeinträchtigungen des stomatognathen Systems führen [57]. Beispiele dafür sind Einschränkungen der Abbeißfunktion sowie craniomandibuläre Dysfunktionen [64]. Neben diesen trägt auch häufig das äußere Erscheinungsbild zum Behandlungswunsch der Patienten bei [6,66].

2.1.2 Knochenentwicklung und -wachstum

Knochenentwicklung und -wachstum geschieht durch chondrale und desmale Ossifikation [44].

Bei der chondralen Ossifikation differenzieren mesenchymale Zellen zu Chondroblasten. Diese bilden ein knorpeliges Modell. Intrauterin entsteht ein primärer Knochenkern in der Diaphyse. Nach der Geburt werden in den Epiphysen sekundäre Knochenkerne gebildet. Der zwischen Dia- und Epiphyse gelegene Knorpel ist die sogenannte Wachstumsplatte, die für das longitudinale Knochenwachstum verantwortlich ist. Erst nachdem die knorpeligen Wachstumsplatten durch Knochen ersetzt sind, sistiert das Wachstum [44].

Im Laufe der Entwicklung entstehen einige primäre Ossifikationszentren, aus denen Knochen wie Os ethmoidale, Os sphenoidale und Os occipitale hervorgehen. Zwischen den Verknöcherungszentren verbleiben knorpelige Segmente, die Synchondrosen genannt werden [69]. So entstehen die Synchondrosis sphenooccipitalis, die Synchondrosis sphenoehtmoidalis und die Synchondrosis intersphenoidalis, die wichtige Wachstumszentren bilden [69]. Die Synchondrosis sphenooccipitalis stellt ab einem Alter von zwölf bis 15 Jahren ihre Wachstumstätigkeit ein. Os sphenoidale und Os occipitale fusionieren bis zu einem Alter von 20 Jahren [24].

Eine weitere Form der Knochenbildung ist die desmale Ossifikation. Dabei differenzieren mesenchymale Zellen zu Osteoblasten. Diese bilden Knochenmatrix, das Osteoid. Osteoblasten können zu Osteozyten differenzieren. Diese liegen in der Knochenmatrix. Der Abbau von Knochenmatrix wird durch Osteoklasten ausgeführt. Diese liegen wie auch die Osteoblasten an der freien Knochenoberfläche und gewährleisten einen stetigen Umbau des Knochens [44]. Der Alveolarfortsatz von Ober- und Unterkiefer wird auf diese Weise gebildet.

Das Wachstum des Ober- und Unterkiefers läuft als sogenanntes Remodeling ab. So wird bei der Mandibula der Ramus an der Innenseite resorbiert, während auf der Außenseite sowie am Kondylus eine Auflagerung stattfindet. Damit vergrößert sich der Korpus und der Ramus wird nach dorsal verlagert. Bei der Maxilla findet eine Knochenanlagerung in Richtung des harten Gaumens und des Tubers statt [7,24]. Gleichzeitig wird der Nasenboden durch Resorption nach kaudal bewegt [7].

Der Oberkiefer besteht aus drei Knochen: Maxilla, Os palatinum und Os sphenoidale. Die Verbindung zwischen den Knochen wird durch Suturen gebildet. Die Sutura palatina transversa verbindet Maxilla und Os palatinum [49]. Die Sutura palatina mediana teilt die Maxilla sagittal und erstreckt sich von der Fissura incisiva canina bis zu der Sutura palatina transversa [41].

Die Maxilla nimmt entlang der Sutura palatina mediana an Breite und entlang der Sutura palatina transversa bis zu einem Alter von etwa 13 bis 15 Jahren an Länge zu [48]. Durch das

Wachstum des septalen Nasenknorpels wird die Maxilla bis zu einem Alter von zehn Jahren sukzessive nach kaudal bewegt [61].

Die Maxilla verändert somit ihre Lage durch die eigene Größenzunahme sowie auch das Wachstum angrenzender Strukturen [24].

Die Mandibula ist über ein Gelenk mit dem Gesichtsschädel verbunden [24]. Der paarig angelegte Meckelknorpel bildet in der Entwicklung der Mandibula eine Leitstruktur für die Ossifikation. In der Mitte der Mandibula entsteht die Symphysis menti [54]. Sie verknöchert innerhalb des ersten Lebensjahres [4]. Daher verändert sich die intercanine Distanz, der Abstand der Eckzahnspitzen im Unterkiefer, nur geringfügig im Verlauf der Entwicklung [39]. Björk [7] konnte in seiner Studie, in der er 25 männliche Patienten untersuchte, Wachstum des Kondylus bis zu einem Alter von 23 Jahren feststellen.

Da das Wachstum der Mandibula kaum beeinflussbar ist [31], kann zur Therapie der Angle Klasse III je nach individueller Diagnose eine Wachstumsstimulation der Maxilla angestrebt werden.

Grundsätzlich gilt, dass eine Längenbeeinflussung der Maxilla nur im Wachstum erfolgen kann, da währenddessen die Synchronosen und Suturen noch nicht verknöchert sind [7,16]. Nach Björk [7] ist mit einem Abschluss des suturalen Wachstums ab einem Alter von etwa 17 Jahren zu rechnen.

Nach Wachstumsabschluss ist eine Therapie der skelettalen Angle Klasse III-Dysgnathie ausschließlich mit einer Umstellungsosteotomie möglich [38].

2.1.1 Die Delaire-Maske

Eine Behandlungsmöglichkeit bei Mikro- beziehungsweise Retrognathie der Maxilla, die bereits im frühen Wechselgebiss verwendet wird, ist die Therapie mittels Delaire-Maske [22] (Abbildung 1). Eine Anwendung der Delaire-Maske wird vor dem zehnten Lebensjahr empfohlen, da mit zunehmendem Alter die Therapieeffekte nachlassen [36]. Die Apparatur besteht aus einem extraoralen und einem intraoralen Anteil. Extraoral ist sie an Kinn und Stirn abgestützt, intraoral befinden sich zahngetragene Haken. Durch Gummizüge von intra- nach extraoral wird die Apparatur in Funktion gebracht [35]. Sie sollte 14 bis 16 Stunden täglich getragen werden [30,45,74]. Bei der Therapie mittels Delaire-Maske kann ein Kraftniveau bis zu 500 g pro Seite angewandt werden [70].

Die Frühbehandlung mit Delaire-Maske kann der Notwendigkeit einer Umstellungsosteotomie nach Wachstumsabschluss vorbeugen [46]. In der Literatur zeigen sich jedoch auch je nach Patientenalter dentale und skelettale Nebenwirkungen der Behandlungsmethode. Als dentale

Nebenwirkungen treten eine Retroinklination der Unterkiefer-Schneidezähne, Protrusion der Oberkiefer-Schneidezähne und Extrusion der Oberkiefersechsjahrmolaren auf [9,26,36]. Zudem zeigte sich in Studien eine posteriore Rotation der Mandibula, welche mit einer Bissöffnung und Vergrößerung des unteren Gesichtsdrittels einhergeht [3,9]. Autoren führen dies auf die Bewegung der Oberkiefermolaren nach mesial und kaudal durch den Zug an den dental befestigten Haken der Delaire-Maske zurück. Eine weitere Erklärung ist, dass durch die extraorale Abstützung das Kinn nach posterior und kaudal gedrückt wird [65].

2.1.2 Die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik nach De Clerck

Dem gegenüber steht die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik nach De Clerck [20] (Abbildung 4) als weitere Therapieoption der retro- beziehungsweise mikrognathen Maxilla. Anders als bei der Delaire-Maske wird hier die Protraktion der Maxilla durch einen rein skelettalen Kraftangriff beabsichtigt. Die Apparatur besteht aus insgesamt vier Titanminiplatten mit Haken (Bollard®™, Tita-Link, Brüssel, Belgien), von denen jeweils zwei in Ober- und Unterkiefer inseriert werden. Durch das Einhängen von Gummizügen wird sie in Funktion gebracht [20]. Mit der Verwendung der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik sollte laut einer Studie von De Clerck et al. [17] bis zu einem Alter von elf Jahren gewartet werden, um mit einer dichteren Knochenstruktur bessere Voraussetzungen für die Stabilität der Miniplatten zu erreichen. Zudem ist es notwendig, bei der Verwendung von vier Miniplatten bis zum Durchbruch der unteren Eckzähne zu warten [20]. Das verwendete orthopädische Kraftniveau kann bis zu 250 g pro Seite betragen und die Gummizüge sollten 24 Stunden täglich getragen werden [19].

Mandall et al. [47] untersuchten anhand von 28 Patienten im Alter von elf bis 14 Jahren die Effektivität einer skelettal verankerten Klasse III-Mechanik. Verglichen wurden die Patienten mit einer Kontrollgruppe von 29 Patienten. Die Autoren schlussfolgerten aus den Ergebnissen, dass durch eine skelettal verankerte Protraktion der Maxilla der Bedarf an einer Umstellungsosteotomie um 27% gesenkt werden konnte.

De Clerck et al. [18] verglichen die Therapieeffekte von 21 Patienten, die mit skelettal verankerter Klasse III-Mechanik behandelt wurden mit einer Kontrollgruppe von 18 unbehandelten Klasse III-Patienten. Die behandelten Patienten zeigten eine signifikante Vergrößerung der sagittalen Frontzahnstufe. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei der Inklination der Oberkiefer-Frontzähne. Zudem war in der Gruppe der behandelten Patienten eine anteriore Rotation der Mandibula zu beobachten.

De Clerck et al. [17] schlussfolgerten aus einer Studie, in der die Stabilität von 100 inserierten Miniplatten untersucht wurde, eine Erfolgsrate von 97%. In der multizentrischen Studie von

Van Hevele et al. [67] wurde die Stabilität von insgesamt 872 Miniplatten geprüft. Die Erfolgsrate betrug 93,6%. Ein Plattenverlust trat etwa sechs Mal häufiger im Oberkiefer auf.

2.1.3 Vergleich von skelettaler und dentaler Verankerung in der Literatur

In einer Studie von Hino et al. [30] zeigten sich bei dem Vergleich von Delaire-Maske und skelettal verankerter Klasse III-Mechanik mittels dreidimensionaler Analyse geringere dentale Nebenwirkung bei Verwendung der skelettal verankerten Klasse-III Mechanik. Eine Protraktion der Maxilla zeigten dabei beide Gruppen. Zudem wurde eine größere vertikale Kontrolle bei Verwendung der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik postuliert.

Ağlarci et al. [1] untersuchten die Kurzzeiteffekte der Therapie mittels skelettaler Verankerung in Form von Miniimplantaten zwischen den Oberkiefer-Molaren und Prämolaren und Miniplatten zwischen Unterkiefer-Eckzähnen und zweiten Unterkiefer-Schneidezähnen und Delaire-Maske anhand von Fernröntgenseitenbildern. Sie beobachteten eine Retroinklination der Unterkiefer-Schneidezähne und Extrusion der Oberkiefer-Molaren bei Verwendung der Delaire-Maske und eine Proklination der Unterkiefer-Schneidezähne bei Verwendung der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik. Eine Protrusion der Oberkiefer-Schneidezähne trat in beiden Gruppen auf. Diese war bei Behandlung mit Delaire-Maske stärker ausgeprägt.

In einer Studie von Willmann et al. [72] wurden die dentalen und skelettalen Effekte bei Verwendung einer Hybrid-Hyrax (2 × 9 mm, Benefit, PSM, Tuttlingen, Deutschland) Gesichtsmaske und einer Hybrid-Hyrax Mentoplate (PSM, Tuttlingen, Deutschland) Kombination verglichen. Aufgrund der skelettalen Verankerung in beiden Fällen wurden keine signifikanten dentalen Nebenwirkungen verzeichnet. Auch hier zeigte sich eine größere vertikale Kontrolle bei Verwendung der Mentoplate.

Die Studie von Miranda et al. [50] untersuchte die Protraktion der Maxilla bei Patienten, die Gummizüge zwischen einer dental getragenen Apparatur im Oberkiefer und Minischrauben im Unterkiefer trugen. Diese wurden anhand von digitalen Volumentomographien mit Patienten, die mit skelettal verankerter Klasse III-Mechanik behandelt wurden, verglichen. Die Autoren schlussfolgerten, dass die Therapie mit Miniplatten eine größere Vorverlagerung der Maxilla bewirkt.

2.2 Ziel der Arbeit

Ziel der Arbeit war der Vergleich von Therapieeffekten der Delaire-Maske mit denen einer skelettal verankerten Klasse III-Mechanik in Anlehnung an die Methode nach De Clerck. Letztere wurde 2019 in modifizierter Art am Universitätsklinikum des Saarlandes eingeführt. In dieser Arbeit wurde angestrebt, die Kombination aus Mentoplate und Miniplatten zu untersuchen. Da

nur wenige Studien dazu existieren, erschien es sinnvoll zu evaluieren, ob diese Methode eine Alternative zur Therapie mit Delaire-Maske darstellt. Insbesondere skelettale und dentale Veränderungen sollten vergleichend untersucht werden. Zudem sollte nach Möglichkeit eine Aussage über die Stabilität der Titanminiplatten getroffen werden.

3 Patienten und Methodik

3.1 Ethikantrag

Ein Ethikantrag wurde bei der Ethik-Kommission der Ärztekammer des Saarlandes eingereicht und genehmigt (Kennnummer: 240/21).

3.2 Patientenkollektiv und Studienaufbau

Untersucht wurden Behandlungsergebnisse von Patienten, die aufgrund einer maxillären Mikro- und/oder Retrognathie am Universitätsklinikum des Saarlandes in der Klinik für Kieferorthopädie in einem Zeitraum von 2010 bis 2024 therapiert wurden.

Verglichen wurden zwei Therapiekonzepte, die zur Behandlung der skelettalen Angle Klasse III-Dysgnathie genutzt werden: Die Delaire-Maske (Abbildung 1) und die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik in Anlehnung an die Methode nach De Clerck (Abbildung 4).

Bei beiden Behandlungsmethoden wurde bei Bedarf zur Transversalerweiterung eine Gaumennahterweiterung (GNE) eingegliedert.

Im Nachfolgenden steht „Gruppe 1“ für die Patienten, die mit Delaire-Maske und „Gruppe 2“ für jene Patienten, die mit skelettal verankerter Klasse III-Mechanik behandelt wurden.

Die diagnostischen Unterlagen der Patienten aus Gruppe 1 wurden im Zeitraum von 2010 bis 2023 erstellt. Die diagnostischen Unterlagen der Patienten aus Gruppe 2 wurden im Zeitraum von 2019 bis 2024 erstellt.

	Gruppe 1	Gruppe 2
Anzahl der Patienten insgesamt	n=21 (12 weiblich, 9 männlich)	n=12 (8 weiblich, 4 männlich)
Alter zu Behandlungsbeginn	4 bis 8 Jahre	8 bis 13 Jahre
Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) von Alter in Jahren	6,52 ± 1,29	11,00 ± 1,76
Gebissentwicklungsphase	1. Dentition oder frühes Wechselgebiss	Frühes oder spätes Wechselgebiss

Tabelle 1: Übersicht Patientenkollektiv

Patienten mit syndromalen Erkrankungen und Patienten, die kieferorthopädisch vorbehandelt waren, wurden nicht in die Studie eingeschlossen.

Diagnostische Unterlagen in Form von Fernröntgenseitenbildern, digitalisierten sowie analogen Modellpaaren und extraoralen Fotoaufnahmen lagen von Behandlungsbeginn (t_1) und frühestens ein Jahr (t_2) nach Insertion der Apparatur vor.

Zeitpunkt	Gruppe 1	Gruppe 2
t_1	n=19	n=12
t_2	n=21	n=12

Tabelle 2: Ausgewertete Fernröntgenseitenbilder

Zeitpunkt	Gruppe 1	Gruppe 2
t_1	n=21	n=12
t_2	n=21	n=12

Tabelle 3: Ausgewertete Modellpaare

Zeitpunkt	Gruppe 1	Gruppe 2
t_1	n=21	n=12
t_2	n=21	n=12

Tabelle 4: Ausgewertete extraorale Fotoaufnahmen

3.3 Behandlungsprotokoll mit Delaire-Maske

Die Delaire-Maske besteht aus einem intra- und extraoralen Anteil. Der intraorale Anteil der Delaire-Maske besteht aus Zahn getragenen Haken, die an den Sechsjahrmolaren im Oberkiefer verankert sind (Abbildung 1 und Abbildung 2). Häufig ist die Apparatur bei Bedarf zur Transversalerweiterung mit einer Gaumennahterweiterung (GNE) verbunden (Abbildung 3). Der extraorale Anteil dient der Abstützung an Kinn und Stirn (Abbildung 1). Gummizüge („Extraorale Latex-Gummiringe“, DENTAURUM GmbH & Co KG, Ispringen, Deutschland) mit entsprechendem kieferorthopädischem Kraftniveau von bis zu maximal 500 g pro Seite verbinden den extra- und intraoralen Anteil miteinander. Die Patienten wurden instruiert, die Apparatur mindestens 14 bis 16 Stunden pro Tag zu tragen.

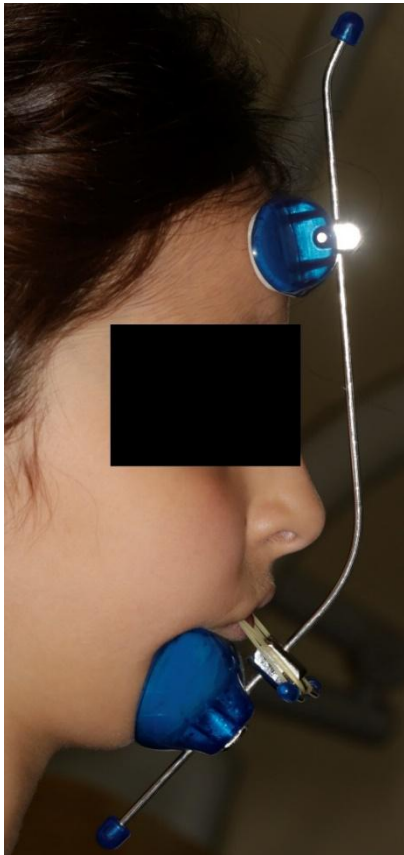


Abbildung 1: Lateralaufnahme Delaire-Maske extraoral



Abbildung 2: Frontal intraorale Aufnahme der zahngetragenen Häkchen

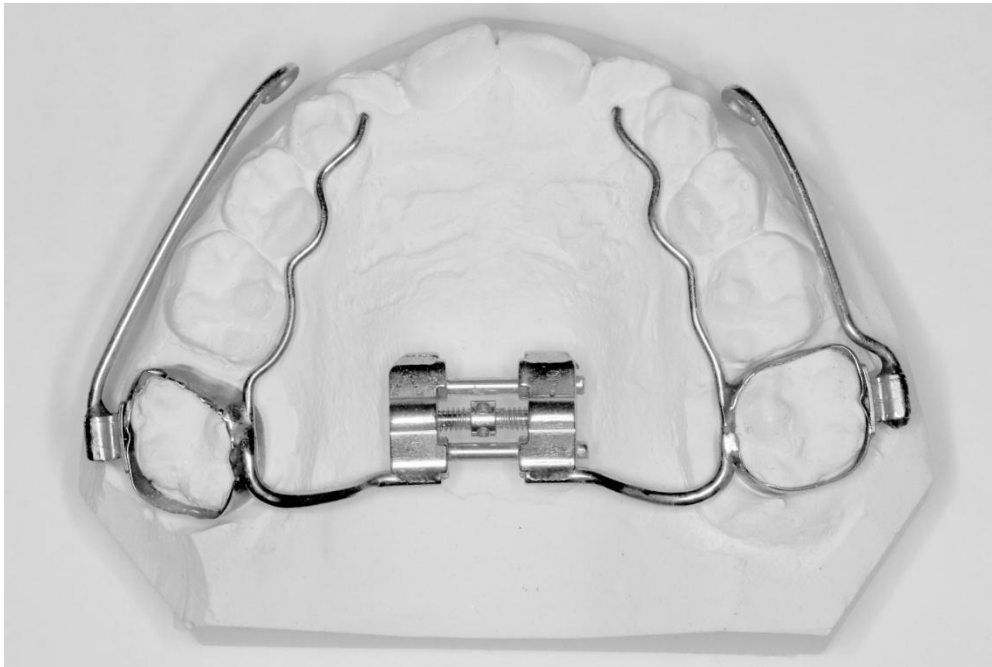


Abbildung 3: Aufsichtsaufnahme: Zahngetragene Häkchen mit GNE

3.4 Behandlungsprotokoll der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik

Die Patienten wurden zur Insertion der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes vorstellig.

Es wurden in Anlehnung an die Methode von De Clerck [20] zwei Titan-Miniplatten im Oberkiefer und eine Titan-Platte (Mentoplate) im Unterkiefer (PSM Medical GmbH, Gunningen, Deutschland) eingebracht. Der Eingriff erfolgte in Intubationsnarkose und wurde von zwei Fachärzten für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie durchgeführt.



Abbildung 4: Skelettal verankerte Klasse III-Mechanik in situ



Abbildung 5: Orthopantomogramm der skelettalen Klasse III-Mechanik mit zwei Miniplatten im Oberkiefer und einer Mentoplate im Unterkiefer.

Drei Wochen postoperativ wurde mit dem Einhängen von Gummizügen („Intraorale Latex-Gummiringe“, DENTAURUM GmbH & Co KG, Ispringen, Deutschland) begonnen (Abbildung 6). Die Patienten wurden instruiert, diese mindestens 22 Stunden pro Tag zu tragen. Das Kraftniveau der Gummizüge sollte kontinuierlich bis auf 250 g pro Seite gesteigert werden. Zur Desorientierung der Okklusion wurde bei Bedarf eine Aufbissplatte für den Unterkiefer angefertigt (Abbildung 7).



Abbildung 6: Skelettal verankerte Klasse III-Mechanik mit Gummizügen in situ

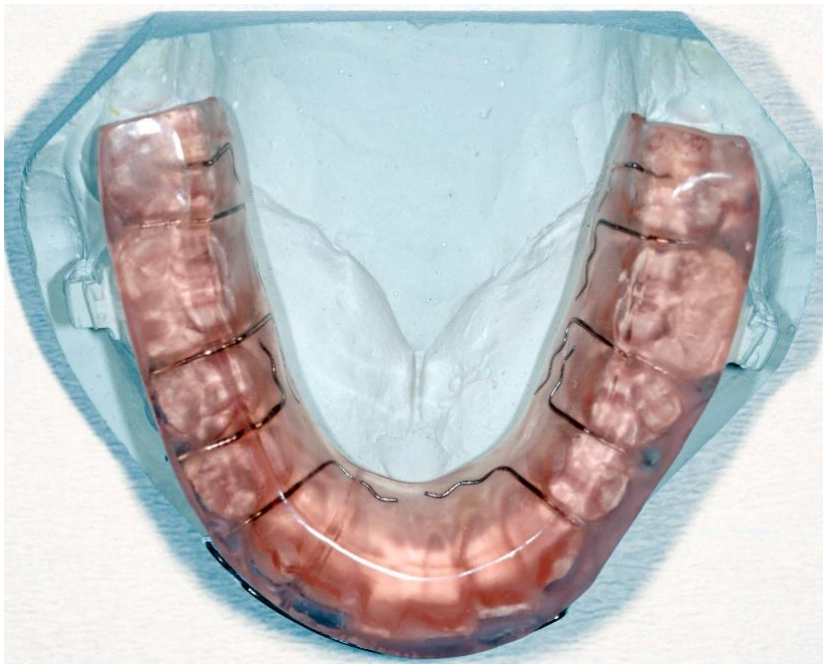


Abbildung 7: Aufbissplatte für den Unterkiefer

3.5 Auswertung der Fernröntgenseitenbilder

Die Auswertung der Fernröntgenseitenbilder erfolgte mit dem Programm Onyx Ceph 3 TM (Image Instruments GmbH, Chemnitz, Deutschland).

Zum Vergleich der Therapieeffekte wurden anhand definierter Punkte Winkel beziehungsweise Messstrecken ermittelt. Die entsprechenden Messpunkte,- Winkel und -Strecken sind in Tabelle 5 und 6 ausgeführt und in Abbildung 8 dargestellt [60,62].

Punkte	Definition
Normierungspunkt A (Norm A)	Oberer Punkt an der Messlatte der Nasenstütze, der der Ermittlung des Vergrößerungsfaktors dient
Normierungspunkt B (Norm B)	Unterer Punkt an der Messlatte der Nasenstütze, der der Ermittlung des Vergrößerungsfaktors dient
Nasion (N)	Am weitesten anterior gelegener Punkt der Sutura naso-frontalis
Sella (S)	Punkt im Zentrum der Sella turcica
Basion (Ba)	Dorso-kaudalster Punkt des Clivus
Artikulare (Ar)	Schnittpunkt der dorsalen Kontur des Collum mandibulae mit dem Unterrand der Schädelbasis
Ramus-Tangentenpunkt (Rtg)	Berührungspunkt an dem aufsteigenden Ast der Mandibula
Korpus-Tangentenpunkt (Mtg)	Berührungspunkt an dem Korpus der Mandibula
Gonion (Go)	Schnittpunkt der Mandibular-Linie mit der Ramus-Linie
Menton (Me)	Am weitesten kaudal gelegener Punkt der Unterkiefer-Symphyse
Inzisivus superior (Is)	Am weitesten inzisal gelegener Punkt des Oberkiefer-Schneidezahnes
Apikale superius (As)	Am weitesten apikal gelegener Punkt des Oberkiefer-Schneidezahnes
Inzisivus inferior (Ii)	Am weitesten inzisal gelegener Punkt des Unterkiefer-Schneidezahnes
Apikale inferius (Ai)	Am weitesten apikal gelegener Punkt des Unterkiefer-Schneidezahnes

A-Punkt (A)	Am weitesten dorsal gelegener Punkt der anterioren Kontur des Oberkieferalveolarfortsatzes
B-Punkt (B)	Am weitesten dorsal gelegener Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes
Spina nasalis anterior (Spa)	Am weitesten anterior gelegener Punkt der Spina nasalis anterior
Pogonion (Pg)	Am weitesten anterior gelegener Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene
Spina nasalis posterior (Spp)	Schnittpunkt zwischen der vorderen Wand der Fossa pterygopalatina, die nach kaudal verlängert wird, und dem Nasenboden
Hinterer Punkt des Okklusionsplanum (hPocP)	Distobukkale Höckerspitze des Unterkiefersechsjahrmolaren
Weichgewebspogonion (Pg')	Am weitesten anterior gelegener Punkt des weichgewebigen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene
Labrale superius (Ls)	Am weitesten anterior gelegener Punkt der Oberlippe in der Median-Sagittal-Ebene
Labrale inferius (Li)	Am weitesten anterior gelegener Punkt der Unterlippe in der Median-Sagittal-Ebene
Subnasale (Sn)	Weichgewebiger Punkt unterhalb der Nase
Pronasale (Pn)	Am weitesten anterior gelegener Punkt der Nasenspitze
Columnella-Tangentenpunkt (Ctg)	Übergang des geraden Anteils des Nasenstegs in die Konvexität der Nasenspitze

Tabelle 5: Fernröntgenseitenpunkte mit Definition

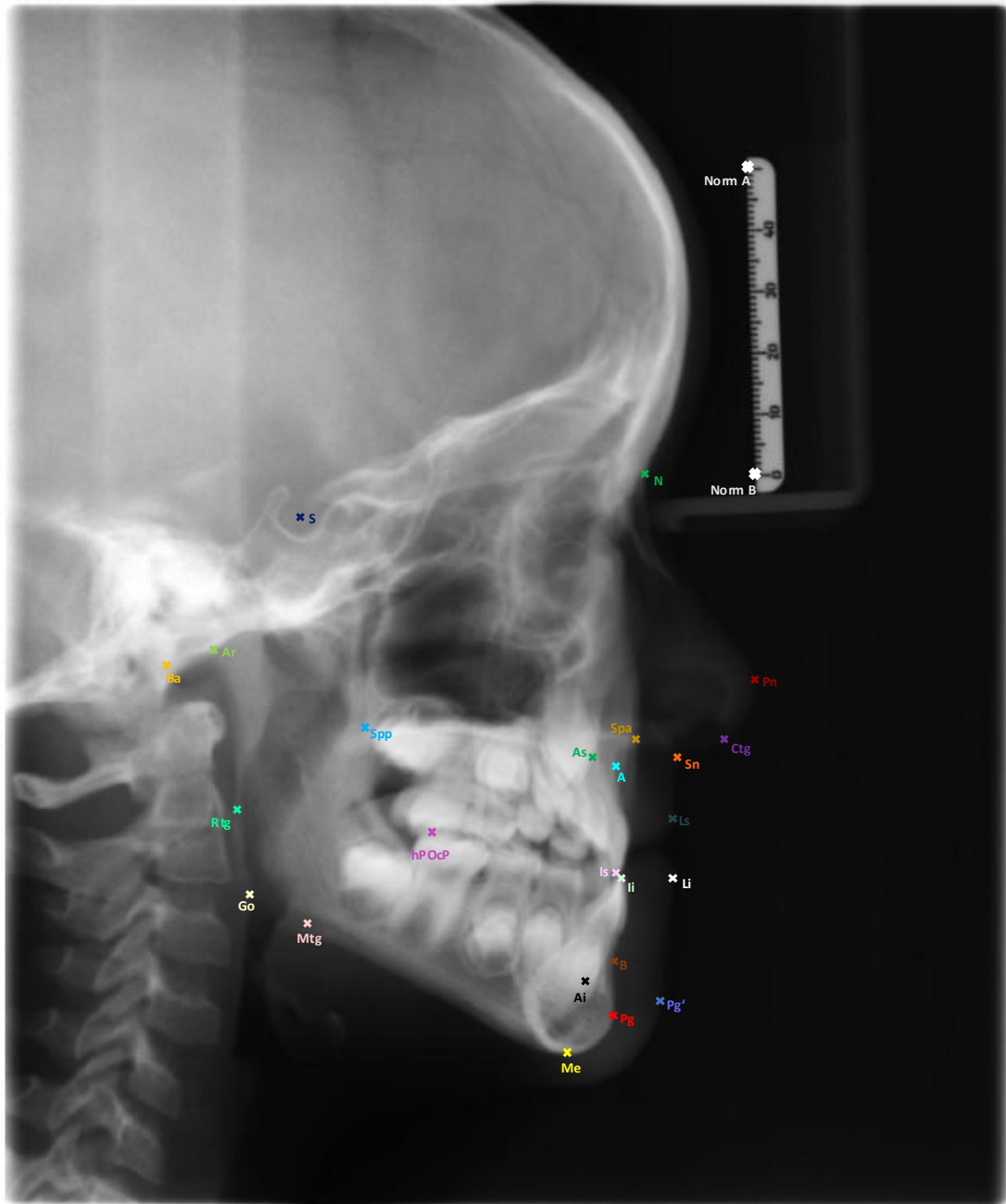


Abbildung 8: Fernröntgenseitenpunkte [60],[62]

(Norm A: Normierungspunkt A, Norm B: Normierungspunkt B, N: Nasion, S: Sella, Ba: Basion, Ar: Artikulare, Rtg: Ramus-Tangentenpunkt, Go: Gonion, Mtg: Korpus-Tangentenpunkt, Me: Menton, Pg: Pogonion, Ai: Apikale inferior, B: B-Punkt, li: Inzisivus inferior, ls: Inzisivus superior, hPOcP: hinterer Punkt des Okklusionsplanum, Spp: Spina nasalis posterior, As: Apikale superior, A: A-Punkt, Spa: Spina nasalis anterior, Pn: Pronasale, Ctg: Columella-Tangentenpunkt, Sn: Subnasale, Ls: Labrale superior, Li: Labrale inferior, Pg': Weichteilpogonion).

Linie	Definition			
Nasal-Linie (NL)	Strecke, die durch die Punkte Spina nasalis anterior und Spina nasalis posterior verläuft			
Nasion-Sella-Linie (NSL)	Strecke, die durch die Punkte Nasion und Sella verläuft			
Mandibular-Linie (ML)	Strecke, die durch den Punkt Menton und als Tangente an der am weitesten kaudal gelegenen Kontur des Unterkiefer - Korpus verläuft			
Inzisallinie des Oberkiefers (OK1)	Strecke durch die Punkte Inzisivus superior und Apikale superius			
Inzisallinie des Unterkiefers (UK1)	Strecke durch die Punkte Inzisivus inferior und Apikale inferior			
Ästhetik-Linie (EL)	Tangente durch die Punkte Pronasale und Weichgewebspogonion			
Winkel	Definition	Richtwert ♀	Richtwert ♂	Bedeutung von Abweichungen
SNA	Winkel zwischen Sella, Nasion und A-Punkt	81,4°	81,2°	Vergrößert: Prognathie der Maxilla Verkleinert: Retrognathie der Maxilla
SNB	Winkel zwischen Sella, Nasion und B-Punkt	77,7°	77,3°	Vergrößert: Prognathie der Mandibula Verkleinert: Retrognathie der Mandibula
ANB	Winkel zwischen A-Punkt, Nasion und B-Punkt	3,7°	3,9°	Vergrößert: skelettale Angle Klasse II Verkleinert: skelettale Angle Klasse II

NL/NSL	Winkel zwischen Nasal-Linie und Nasion-Sella-Linie	8,3°	6,5°	Vergrößert: Rotation der Maxilla nach posterior Verkleinert: Rotation der Maxilla nach anterior
ML/NSL	Winkel zwischen Mandibular-Linie und Nasion-Sella-Linie	34,1°	33,8°	Vergrößert: Rotation der Mandibula nach posterior Verkleinert: Rotation der Mandibula nach anterior
ML/NL	Winkel zwischen Mandibular-Linie und Nasal-Linie	25,8°	27,3°	Vergrößert: offene basale Kieferrelation Verkleinert: tiefe basale Kieferrelation
arGoMe	Winkel zwischen Artikulare, Gonion und Menton	126,2°	126,5°	Vergrößert: ein vertikales Wachstum mit posteriorer Rotation der Mandibula ist zu erwarten Verkleinert: ein horizontales Wachstum mit anteriorer Rotation der Mandibula ist zu erwarten
OK1/NL	Winkel zwischen der Inzisallinie des Oberkiefers und der Nasal-Linie	107,0°	107,0°	Vergrößert: Proklination der Oberkiefer-Schneidezähne Verkleinert: Retroinklination der Oberkieferschneidezähne
UK1/ML	Winkel zwischen der Inzisallinie des Unterkiefers und der Mandibular-Linie	94,7°	95,1°	Vergrößert: Proklination der Unterkiefer-Schneidezähne Verkleinert: Retroinklination der Unterkiefer-Schneidezähne

NW	Nasolabialwinkel, gebildet zwischen Subnasalpunkt, Columnella-Tangentenpunkt und Labrale superius	110°	110°	Vergrößert: kann durch eine abnorme Nasenform oder Retrusion der Oberlippe bedingt sein Verkleinert: kann durch eine abnorme Nasenform oder Protrusion der Oberlippe bedingt sein
Messstrecken	Definition	Richtwert ♀	Richtwert ♂	Bedeutung von Abweichungen
Wits-Wert	Bildet sich aus dem Schnittpunkt der Senkrechten von A- und B-Punkt auf das Okklusionsplanum	-0,5 mm	-0,7 mm	Vergrößert: skelettale Angle Klasse II Verkleinert: skelettale Angle Klasse III
Ls-EL	Abstand des Punktes Labrale superius von der Ästhetik-Linie in Millimeter	-4 mm	-4 mm	Vergrößert: Protrusion der Oberlippe Verkleinert: Retrusion der Oberlippe
Li-EL	Abstand des Punktes Labrale inferius von der Ästhetik-Linie in Millimeter	-2 mm	-2 mm	Vergrößert: Protrusion der Unterlippe Verkleinert: Retrusion der Unterlippe

Tabelle 6: Fernröntgenseitenwinkel,-linien und -messstrecken mit Definition

3.6 Die Modellpaare

Zur Erstellung der Modellpaare wurden Ober- und Unterkiefer der Patienten zunächst mit Alginat (Kaniblu, Kaniedenta GmbH & Co. KG, Herford, Deutschland) abgeformt. Die Abformung wurde anschließend mit Typ III-Hartgips (Hinritzit®, Ernst Hinrichs, Goslar, Deutschland) ausgegossen. Nach dreidimensionaler Trimmung wurden die Gipsmodelle mit dem 3D Scanner orthoX® scan (DENTAURUM GmbH & Co KG, Ispringen, Deutschland) digital eingelesen.

Seit dem Jahr 2020 verfügt die Klinik für Kieferorthopädie über einen Intraoralscanner (TRIOS® 3, 3Shape A/S, Kopenhagen, Dänemark), daher wurde im Verlauf der Datenakquise zusätzlich ein Intraoralscan der Patienten angefertigt.

Die Auswertung der Modelle erfolgte sowohl analog mit Messlehre (Münchner Modell®, Denta-urum, Ispringen, Deutschland) als auch digital mit dem Programm Onyx Ceph 3 TM (Image Instruments GmbH, Chemnitz, Deutschland).

3.6.1 Die Modellauswertung

Zur vergleichenden Auswertung wurden, die in Tabelle 7 aufgeführten Messungen herangezogen. Abbildungen 9, 10 und 11 stellen diese graphisch dar.

Messung	Definition
Anteriore Zahnbogenbreite (AZBB) des Oberkiefers (Abbildung 9)	Im Gebiss der 1. Dentition: Messstrecke zwischen den distalen Grübchen der ersten Molaren (P1), (P2). Im Gebiss der 2. Dentition: Messstrecke zwischen der Mitte der Zentralfissur der ersten Prämolaren.
Posteriore Zahnbogenbreite (PZBB) des Oberkiefers (Abbildung 9)	Messstrecke zwischen der tiefsten Stelle der Hauptfissuren der Sechsjahrmolaren (P3), (P4).
Sagittale Frontzahnstufe (Abbildung 10)	Abstand der Vestibulärflächen der Oberkiefer-Schneidezähne von denen der Unterkiefer-Schneidezähne in der Sagittalebene. Gemessen wird parallel zur Okklusionsebene.
Vertikale Frontzahnstufe (Abbildung 11)	Abstand der Inzisalkanten der Unterkiefer-Schneidezähne von denen der Oberkiefer-Schneidezähne.

Tabelle 7: Messungen der Modellauswertung mit Definition

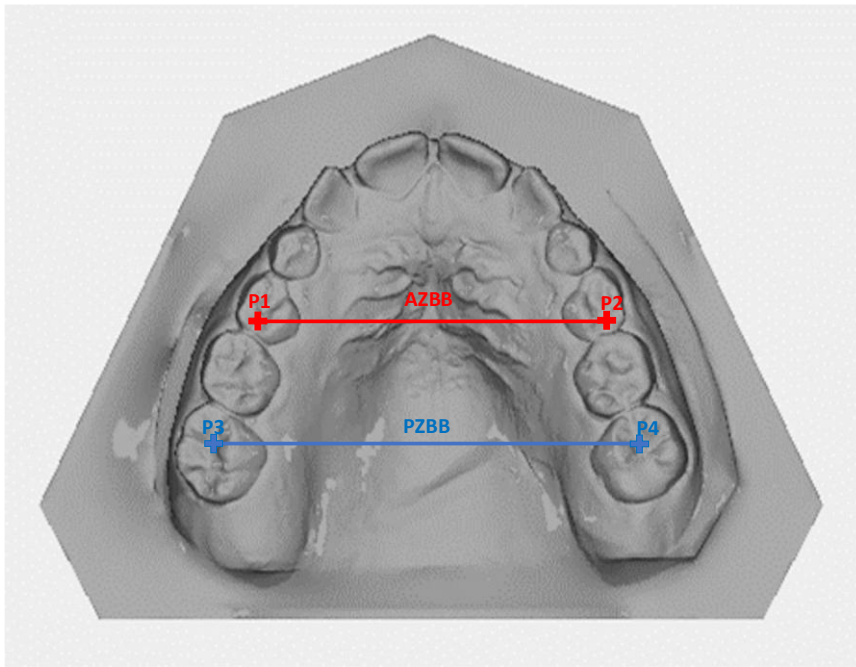


Abbildung 9: Anteriore und posteriore Zahnbogenbreite
(Anteriore Zahnbogenbreite (AZBB) erstreckt sich zwischen den Punkten P1 und P2. Posteriore Zahnbogenbreite (PZBB) erstreckt sich zwischen den Punkten P3 und P4.)

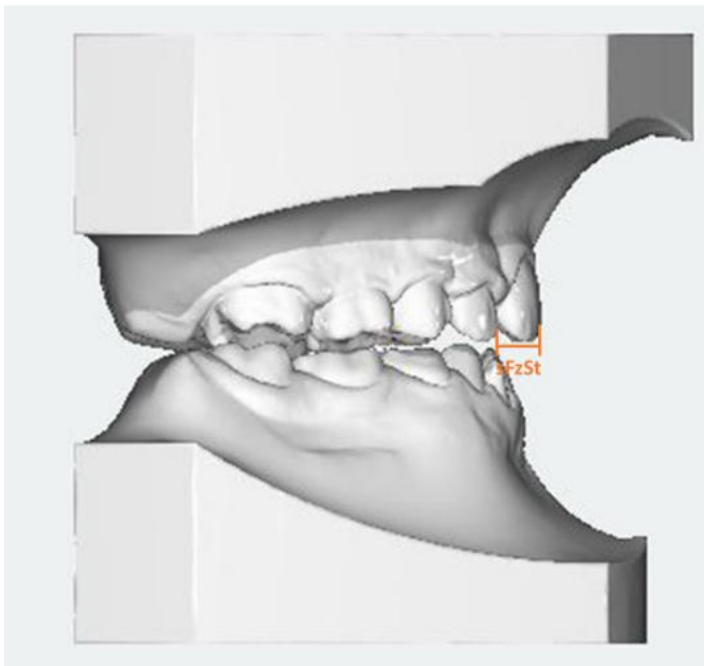


Abbildung 10: Sagittale Frontzahnstufe
(Sagittale Frontzahnstufe (sFzSt) erstreckt sich zwischen den Vestibulärflächen der Ober- und Unterkiefer-Schneidezähne. Die Strecke ist in orange dargestellt.)

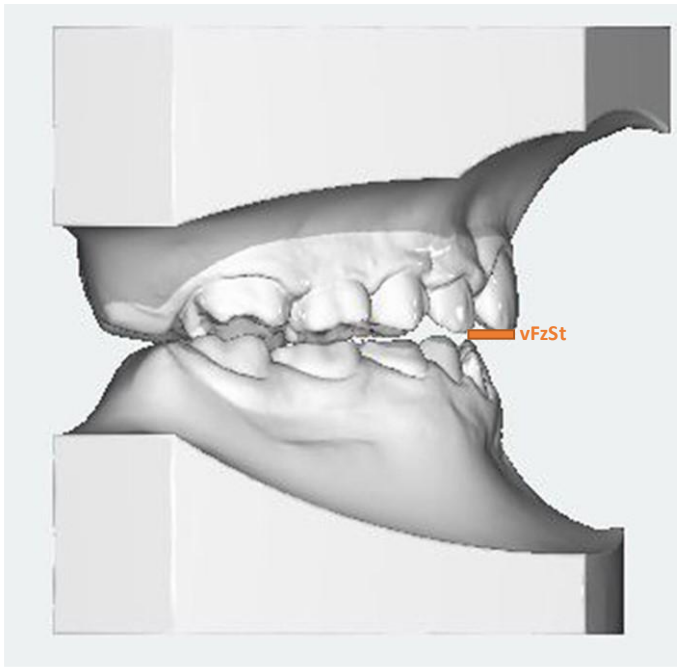


Abbildung 11: Vertikale Frontzahnstufe
(Vertikale Frontzahnstufe (vFzSt) erstreckt sich zwischen den Inzisalkanten der Ober- und Unterkiefer-Schneidezähne. Die Strecke ist in orange dargestellt.)

Die extraoralen Fotoaufnahmen

Die Aufnahme der extraoralen Fotografien erfolgte mit einer Nikon D3200 Kamera mit AF-S Micro NIKKOR 60 mm Objektiv (Nikon, Tokio, Japan) und SIGMA ELECTRONIC FLASH MACRO EM-140 DG Ringblitz (SIGMA, Kawasaki, Japan).

Die Patienten wurden frontal lächelnd, sowie mit geschlossenem Mund und von lateral fotografiert.

Die Auswertung der extraoralen Fotoaufnahmen erfolgte mit dem Programm Onyx Ceph 3 TM (Image Instruments GmbH, Chemnitz, Deutschland).

Zur Beurteilung der lateralen Aufnahmen wurde das Analyseverfahren „Basel“ verwendet. Dieses beinhaltet die Profilanalyse nach Schwarz [59].

Beziehung Stirn-Kinn

Es wurde ein Kieferprofilfeld konstruiert, indem eine Senkrechte zu der Frankfurter Horizontalen [25] durch den Orbitalpunkt und eine weitere Senkrechte durch das Hautnasion gebildet wurde. Dabei stellt die Linie durch den Orbitalpunkt die hintere und die Linie durch das Hautnasion die vordere Begrenzung des Kieferprofilfeldes dar.

Befand sich das Kinn innerhalb des Kieferprofilfeldes wurde die Beziehung Stirn-Kinn als „gerade“ definiert, befand sich das Kinn posterior des Kieferprofilfeldes wurde die Beziehung Stirn-Kinn als „nach hinten schief“, war es ventral als „nach vorne schief“ bezeichnet.

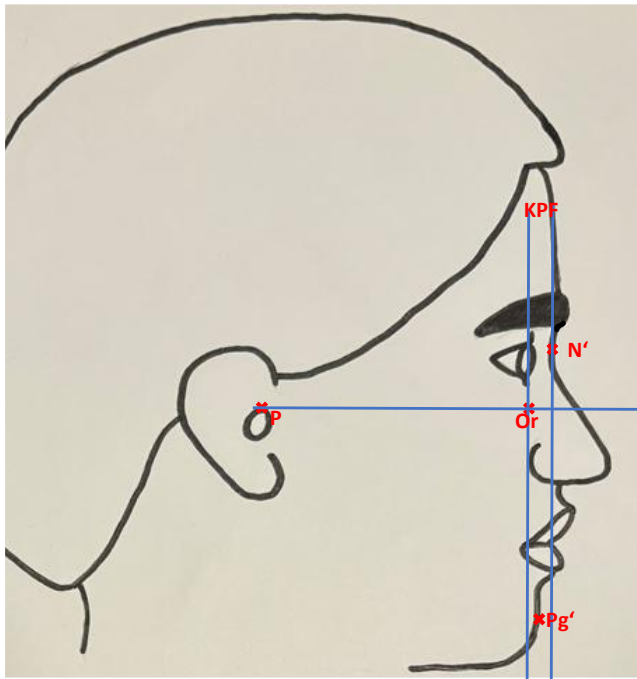


Abbildung 12: Analyseverfahren „Basel“ mit Profilanalyse nach Schwarz [59]
(KPF: Kieferprofilfeld; N': Hautnasion; Or: Orbitale; P: Porion; Pg': Weichteilpogonion)

Verhältnis zwischen mittlerem und unterem Gesichtsdrittel

Um die Länge des unteren und des mittleren Gesichtsdrittels miteinander zu vergleichen, wurden die Punkte „Weichteilglabella“ (Gl'), „Subnasale“ (Sn) und „Weichteilmenton“ (Me') eingezeichnet. Das mittlere Gesichtsdrittel wurde als Strecke zwischen „Weichteilglabella“ und „Subnasale“ definiert. Das untere Gesichtsdrittel wurde als Strecke zwischen „Subnasale“ und „Weichteilmenton“ definiert.

Aus dem Verhältnis der Strecken ergab sich ein „verlängertes“, „verkürztes“ oder „gleich“ langes unteres Gesichtsdrittel.

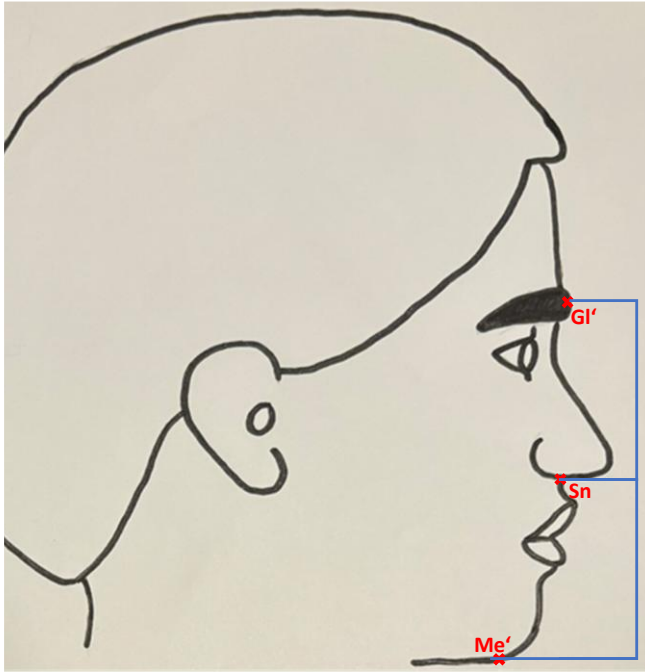


Abbildung 13: Verhältnis zwischen unterem und mittlerem Gesichtsdrittel
(Gl': Weichteilglabella; Sn: Subnasale; Me': Weichteilmenton)

Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn

Ein Punkt wurde an Trichion, einer an Subnasale und einer an Weichteilpogonion gesetzt und verglichen, ob sich eine „gerade“, „konvexe“ oder „konkave“ Kontur ergab.

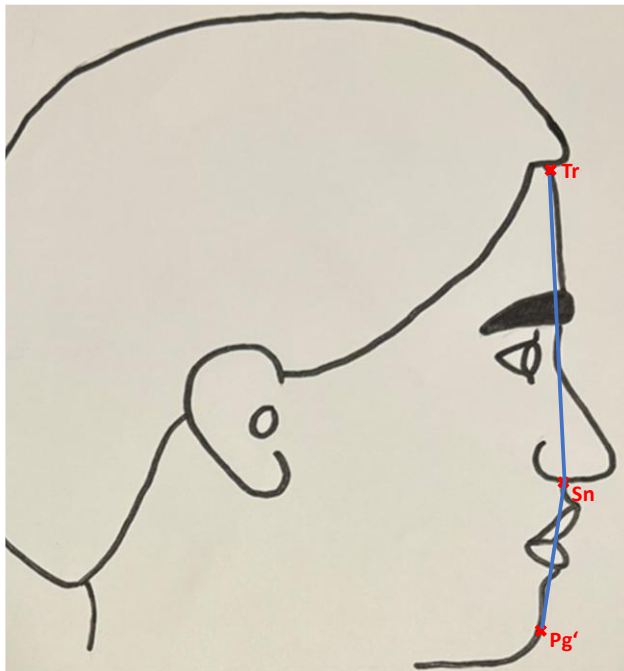


Abbildung 14: Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn
(Tr: Trichion; Sn: Subnasale; Pg': Weichteilpogonion)

Lippenstufe

Die Lage der Unterlippe wurde in Bezug zur Oberlippe beurteilt. Lag die Unterlippe knapp hinter der Oberlippe, wurde dies als „physiologisch“ definiert. Lag die Unterlippe deutlich hinter der Oberlippe, wurde dies als „dorsal“ definiert. Lag die Unterlippe vor der Oberlippe, wurde dies als „ventral“ definiert.

Supramentalfalte

Die Ausprägung der Supramentalfalte wurde anhand der lateralen Fotografien beurteilt. Es wurde unterschieden zwischen „unauffällig“, „verstrichen“ und „stark ausgeprägt“.

Statistische Auswertung

Die Datenerfassung sowie die statistische Auswertung wurden an einem Computer mit Betriebssystem Microsoft® Windows 11 Pro (Microsoft Corporation, Redmond, USA) durchgeführt. Dazu wurden die Daten zunächst in Microsoft Excel® Version 20409 (Microsoft Corporation, Redmond, USA) erfasst und anschließend mit dem Programm IBM® SPSS® Statistics Version 28 (IBM®, Armonk, USA) ausgewertet.

Die Werte wurden zunächst auf Normalverteilung überprüft. Aufgrund der geringen Fallzahl wurde der Shapiro-Wilk Test angewandt.

Zur Analyse zwischen beiden Gruppen wurden normalverteilte Daten anschließend mit Hilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben auf Signifikanz geprüft. Lag keine Normalverteilung vor, wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt und zusätzlich der Median angegeben.

Innerhalb der Gruppen wurde bei Vorliegen einer Normalverteilung der t-Test für abhängige Stichproben angewandt. Lag keine Normalverteilung vor, wurde der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben angewandt.

Die extraoralen Fotoaufnahmen wurden mit Hilfe des McNemar beziehungsweise McNemar-Bowker Test innerhalb der Gruppen ausgewertet. Der Vergleich beider Gruppen erforderte den exakten Test nach Fisher-Freeman-Halton.

Das Signifikanzniveau wurde wie folgt definiert:

$p \geq 0,05$ nicht signifikant

$p < 0,05$ signifikant

$p < 0,01$ hoch signifikant

$p < 0,001$ höchst signifikant

Vorgehen bei fehlenden Werten

Da sich einige Patienten bei Erhebung der Daten im Zahnwechsel befanden, konnten im Rahmen der Modellauswertung einzelne Werte nicht bestimmt werden, wenn Zähne fehlten oder noch nicht vollständig durchgebrochen waren. Ebenso wird die Fernröntgenseitenaufnahme in der Klinik für Kieferorthopädie am Universitätsklinikum des Saarlandes erst ab einem Alter von sechs Jahren durchgeführt, weshalb bei jüngeren Patienten auch hier Werte fehlten. Dadurch ergaben sich unterschiedliche Fallzahlen in der Auswertung.

Retest-Reliabilität

Alle Daten wurden zur Überprüfung der Messgenauigkeit erneut durch eine Fachzahnärztin für Kieferorthopädie der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums des Saarlandes ausgewertet.

Die Überprüfung der Messgenauigkeit erfolgte für metrische Daten mittels Pearson-Korrelation, für nominale Daten mittels einer Analyse nach Cohens Kappa.

4 Ergebnisse

4.1.1 Durchschnittliche Behandlungsdauer

Tabelle 8 zeigt die durchschnittliche Behandlungsdauer in Gruppe 1 und 2.

	Mittelwert (MW) in Monaten	Standardabweichung (SD)
Gruppe 1	11,71	±6,44
Gruppe 2	19,67	±6,41

Tabelle 8: Durchschnittliche Behandlungsdauer

4.2 Ergebnisse der Fernröntgenseitenauswertung

Tabelle 9 zeigt die Veränderungen von SNA, SNB, ANB, Wits-Wert, NL/NSL, ML/NL, ML/NSL, arGoMe, OK1/NL, UK1/ML, NW, Ls-EL und Li-EL von Gruppe 1 und Gruppe 2 von t_1 zu t_2 .

Veränderung von t_1 zu t_2	Gruppe 1	Gruppe 2
SNA MW und SD in [°]	0,81 ± 2,33	1,99 ± 1,52
SNB MW und SD in [°]	-0,61 ± 1,52	0,79 ± 1,34
ANB MW und SD in [°]	1,42 ± 1,68	1,21 ± 1,32
Wits-Wert MW und SD in [mm]	2,32 ± 2,24	1,43 ± 2,16
NL/NSL MW und SD in [°]	-0,94 ± 1,96	0,25 ± 1,87

ML/NL MW und SD in [°]	1,45 ± 1,67	-0,83 ± 1,93
ML/NSL MW und SD in [°]	0,58 ± 1,86	-0,28 ± 2,00
arGoMe MW und SD in [°]	0,66 ± 3,26	-0,04 ± 3,92
OK1/NL MW und SD in [°]	4,38 ± 5,48	1,18 ± 6,02
UK1/ML MW und SD in [°]	-4,78 ± 6,08	1,24 ± 5,56
NW MW und SD in [°]	-2,58 ± 6,23	5,78 ± 16,60
Ls-EL MW und SD in [mm]	1,05 ± 1,92	-1,17 ± 2,08
Li-EL MW und SD in [mm]	0,53 ± 1,47	-1,75 ± 2,09

Tabelle 9: Ergebnisse der Fernröntgenseitenauswertung

4.2.1 Veränderungen innerhalb und zwischen den Gruppen

SNA

Der Winkel SNA vergrößerte sich in Gruppe 1 um $0,81 \pm 2,33^\circ$ ($p \geq 0,05$). Gruppe 2 zeigte eine Vergrößerung von SNA um $1,99 \pm 1,52^\circ$ ($p < 0,001$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine mittlere Differenz von $1,19^\circ$ ($p \geq 0,05$).

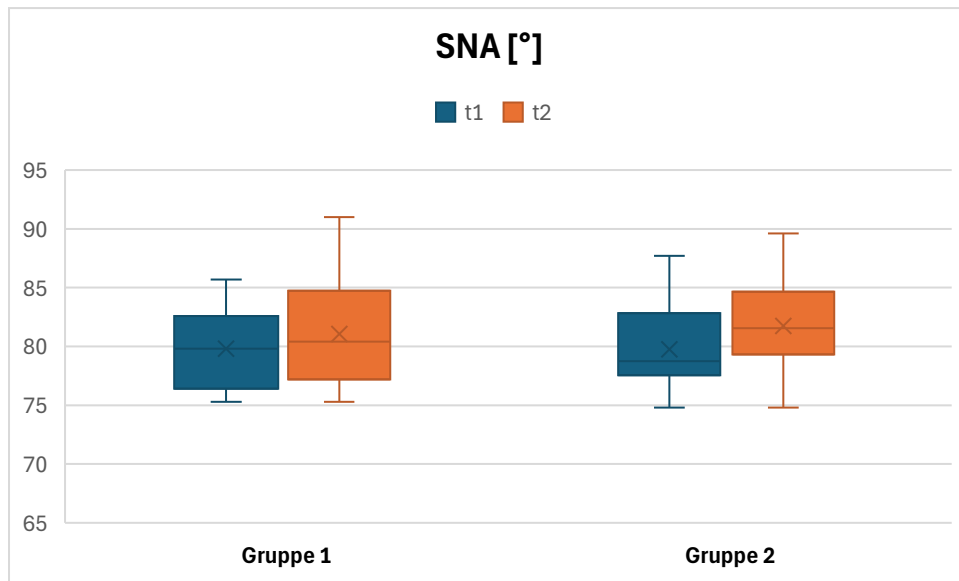


Abbildung 15: Messergebnisse von SNA

SNB

Der Winkel SNB verkleinerte sich in Gruppe 1 um $0,61 \pm 1,52^\circ$ ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Winkel um $0,79 \pm 1,34^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $1,40^\circ$ ($p < 0,05$).

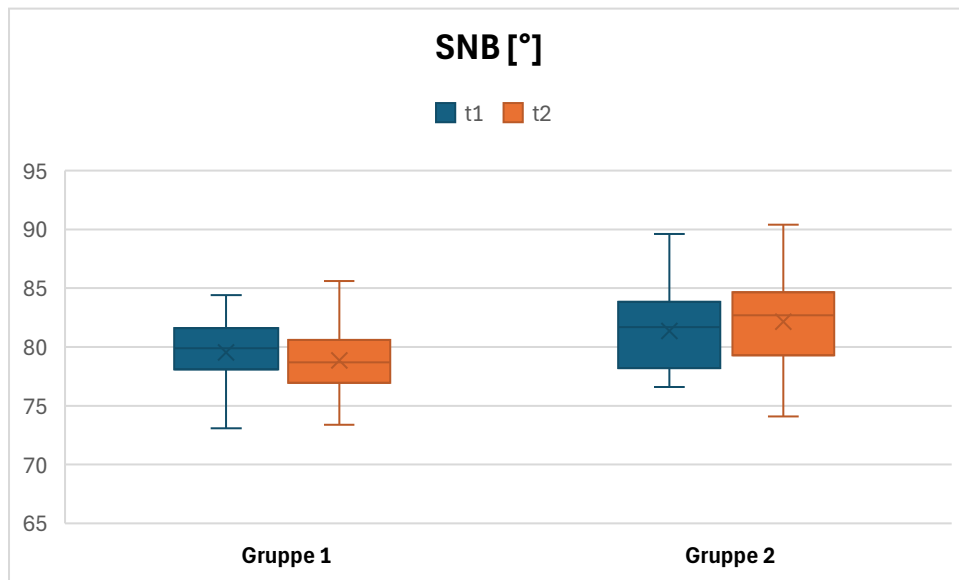


Abbildung 16: Messergebnisse von SNB

ANB

Der Winkel ANB vergrößerte sich in Gruppe 1 um $1,42 \pm 1,68^\circ$ ($p < 0,01$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Winkel um $1,21 \pm 1,32^\circ$ ($p < 0,01$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $0,21^\circ$ ($p \geq 0,05$).

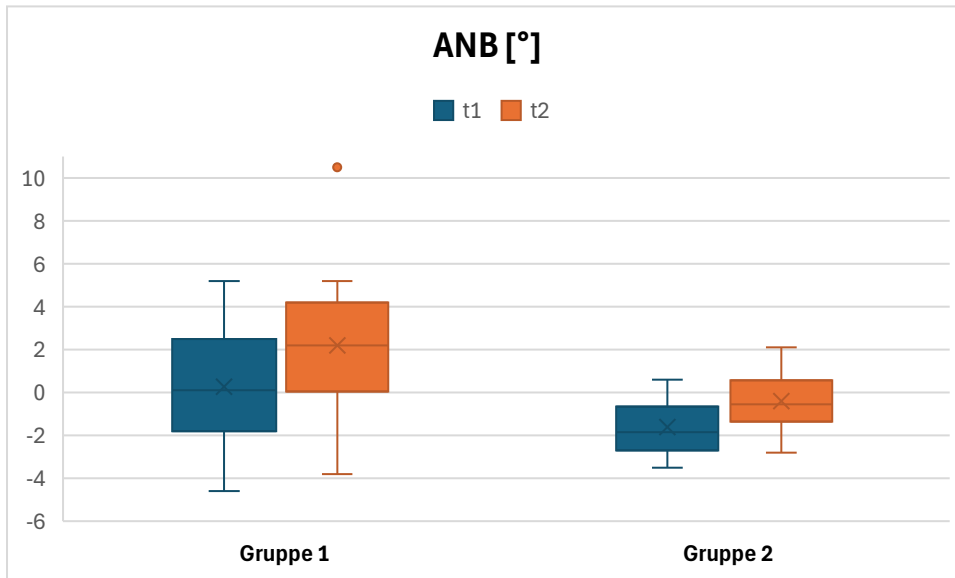


Abbildung 17: Messergebnisse von ANB

Wits- Wert

Der Wits - Wert vergrößerte sich in Gruppe 1 um $2,32 \pm 2,24$ mm ($p < 0,001$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Wert um $1,43 \pm 2,16$ mm ($p < 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $0,89$ mm ($p \geq 0,05$).

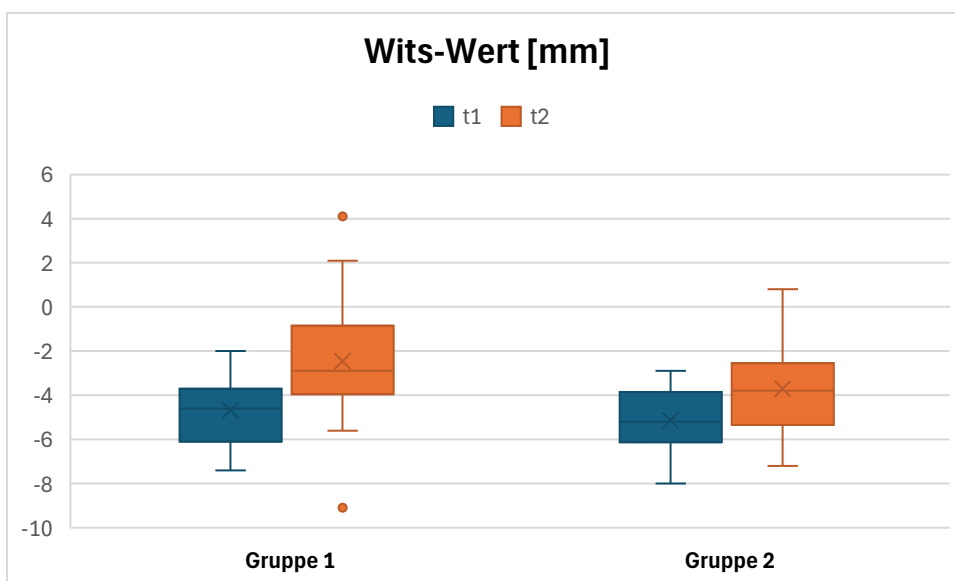


Abbildung 18: Messergebnisse des Wits-Werts

NL/NSL

Der Winkel NL/NSL verkleinerte sich in Gruppe 1 um $0,94 \pm 1,96^\circ$ ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Winkel um $0,25 \pm 1,87^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $1,19^\circ$ ($p \geq 0,05$).

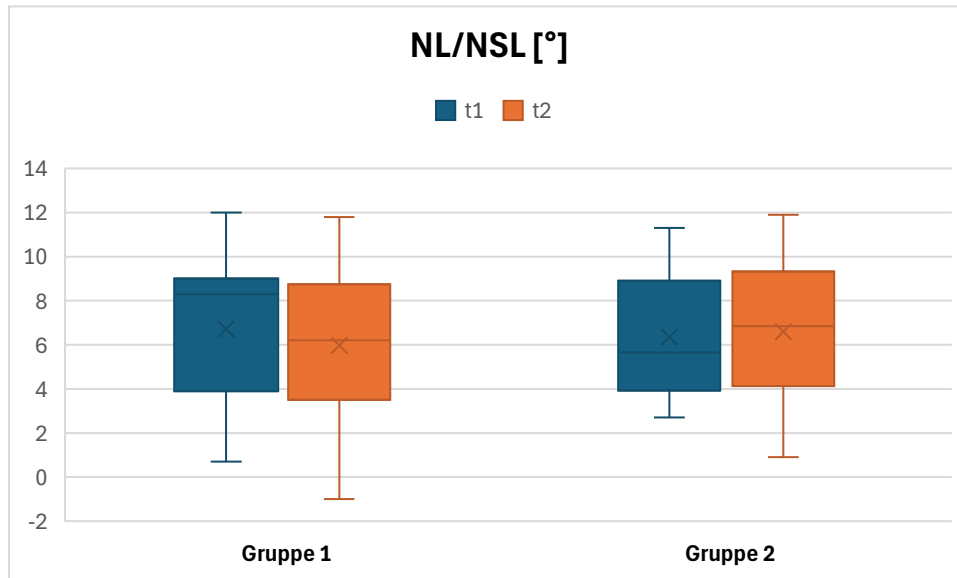


Abbildung 19: Messergebnisse von NL/NSL

ML/NL

Der Winkel ML/NL vergrößerte sich in Gruppe 1 um $1,45 \pm 1,67^\circ$ ($p < 0,01$). In Gruppe 2 verkleinerte sich der Winkel um $0,83 \pm 1,93^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $2,29^\circ$ ($p < 0,01$).

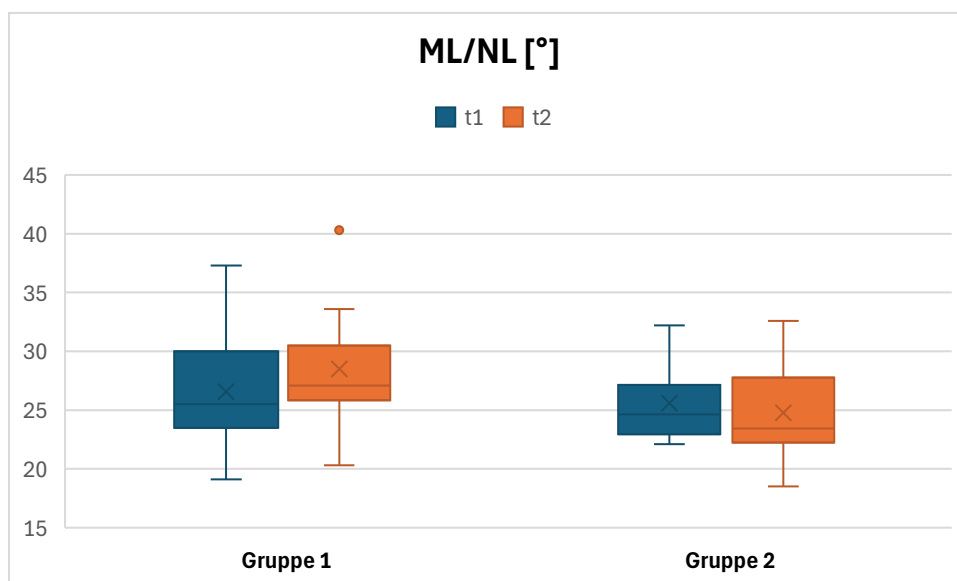


Abbildung 20: Messergebnisse von ML/NL

ML/NSL

Der Winkel ML/NSL vergrößerte sich in Gruppe 1 um $0,58 \pm 1,86^\circ$ ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 verkleinerte sich der Winkel um $0,28 \pm 2,00^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $0,86^\circ$ ($p \geq 0,05$).

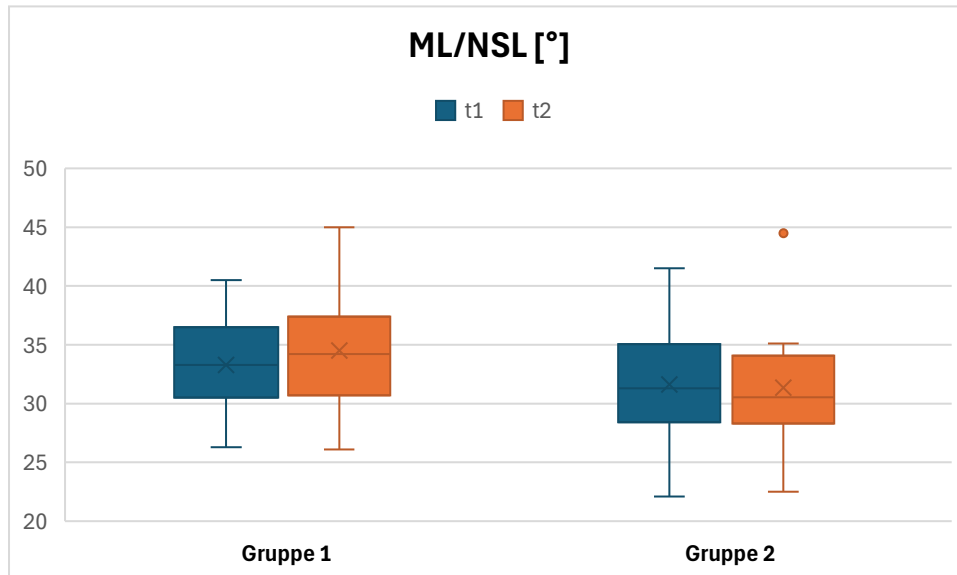


Abbildung 21: Messergebnisse von ML/NSL

arGoMe

Der Winkel arGoMe vergrößerte sich in Gruppe 1 um $0,66 \pm 3,26^\circ$ ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 verkleinerte sich der Winkel um $0,04 \pm 3,92^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $0,70^\circ$ ($p \geq 0,05$).

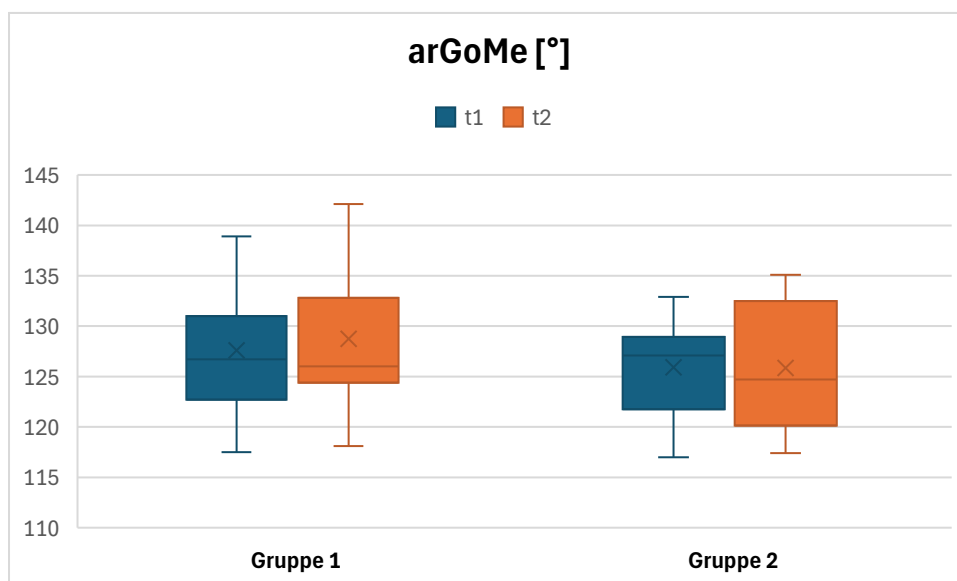


Abbildung 22: Messergebnisse von arGoMe

OK1/NL

Der Winkel OK1/NL vergrößerte sich in Gruppe 1 um $4,38 \pm 5,48^\circ$ ($p < 0,01$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Winkel um $1,18 \pm 6,02^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $3,20^\circ$ ($p \geq 0,05$).

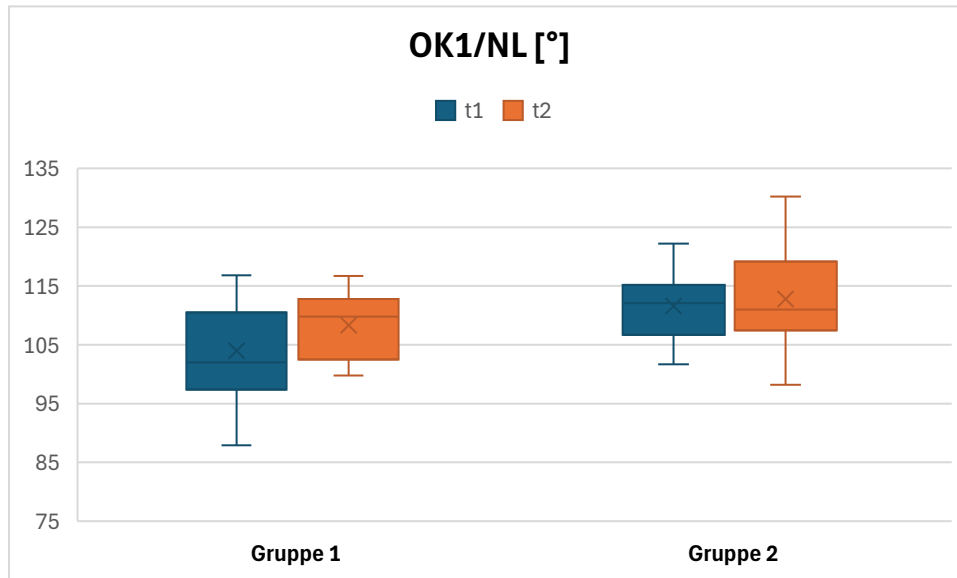


Abbildung 23: Messergebnisse von OK1/NL

UK1/ML

Der Winkel UK1/ML verkleinerte sich in Gruppe 1 um $4,78 \pm 6,08^\circ$ ($p < 0,01$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Winkel um $1,24 \pm 5,56^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $6,03^\circ$ ($p < 0,05$).

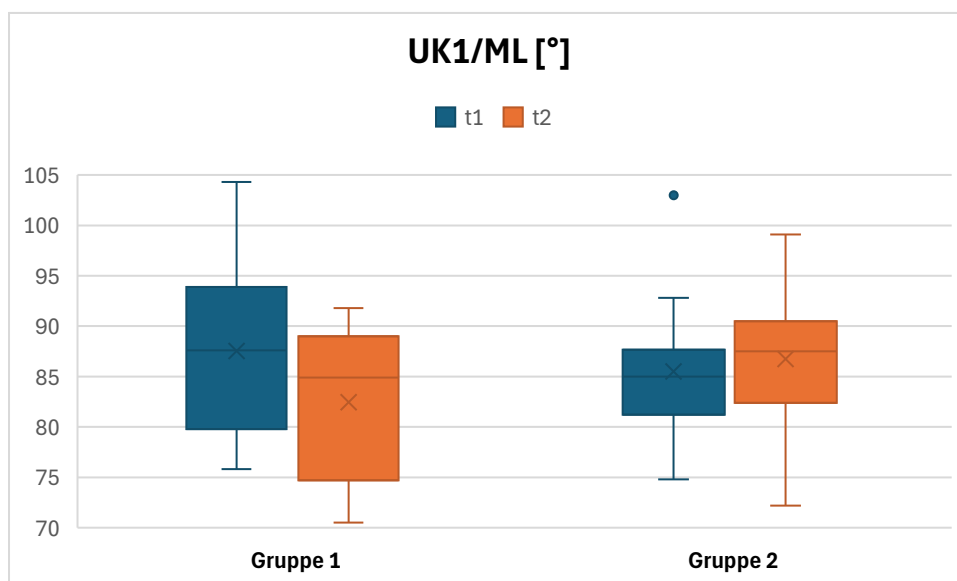


Abbildung 24: Messergebnisse von UK1/ML

NW

Der Winkel NW verkleinerte sich in Gruppe 1 um $2,58 \pm 6,23^\circ$ ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Winkel um $5,78 \pm 16,60^\circ$ ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von $8,36^\circ$ ($p \geq 0,05$).

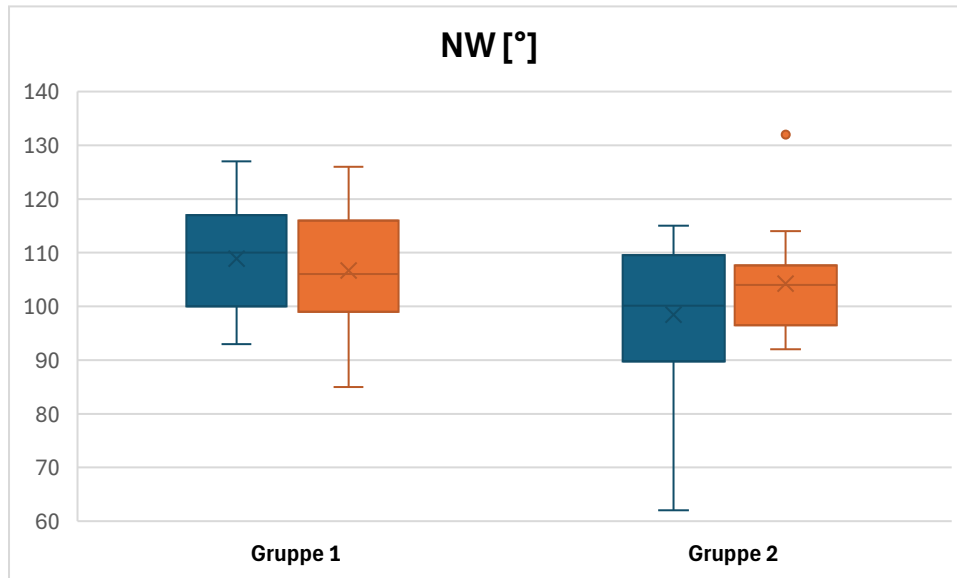


Abbildung 25: Messergebnisse von NW

Ls-EL

Der Wert Ls-EL vergrößerte sich in Gruppe 1 um $1,05 \pm 1,92$ mm ($p < 0,05$). In Gruppe 2 verkleinerte sich der Wert um $1,17 \pm 2,08$ mm ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von 2,22 mm ($p < 0,01$).

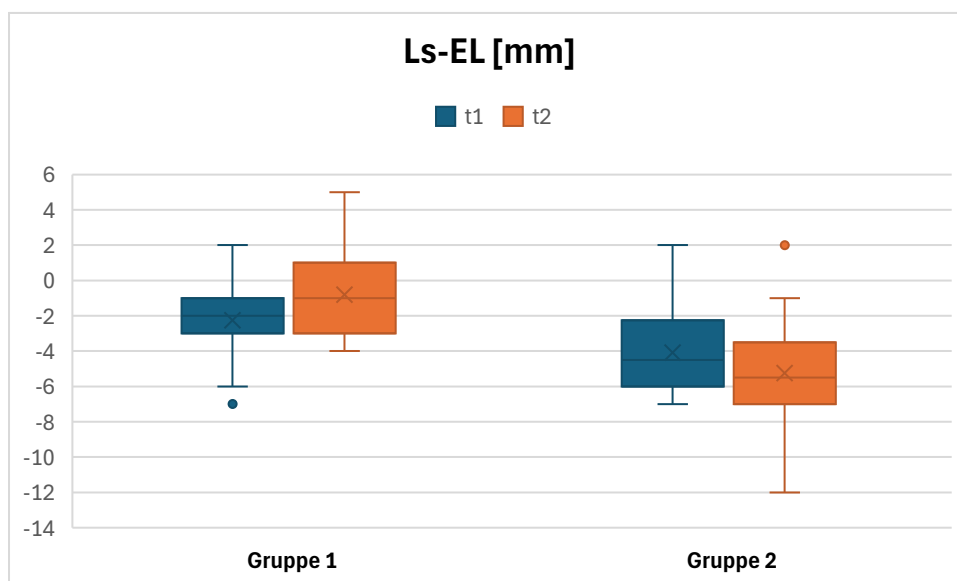


Abbildung 26: Messergebnisse von Ls-EL

Li-EL

Der Wert Li-EL vergrößerte sich in Gruppe 1 um $0,53 \pm 1,47$ mm ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 verkleinerte sich der Wert um $1,75 \pm 2,09$ mm ($p < 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von 2,28 mm ($p < 0,01$).

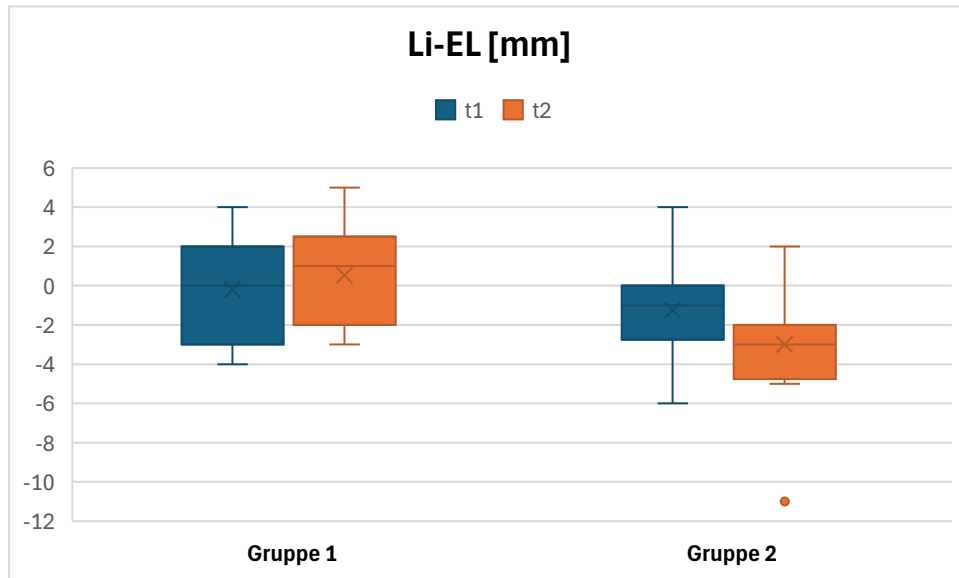


Abbildung 27: Messergebnisse von Li-EL

4.3 Ergebnisse der Modellauswertung

Tabelle 10 zeigt die Veränderungen der Messungen AZBB, PZBB, sagittale Frontzahnstufe und vertikale Frontzahnstufe von Gruppe 1 und Gruppe 2 von t_1 zu t_2 .

Veränderung von t_1 zu t_2	Gruppe 1	Gruppe 2
AZBB MW und SD in [mm]	$1,96 \pm 1,77$	$-0,31 \pm 2,15$
PZBB MW und SD in [mm]	$3,70 \pm 2,31$	$0,87 \pm 3,81$
Sagittale Frontzahnstufe MW und SD in [mm]	$3,80 \pm 1,96$	$1,79 \pm 2,04$
Vertikale Frontzahnstufe MW und SD in [mm]	$0,16 \pm 1,94$	$0,30 \pm 1,29$

Tabelle 10: Ergebnisse der Modellauswertung

4.3.1 Veränderungen innerhalb und zwischen den Gruppen

AZBB

Der Wert AZBB vergrößerte sich in Gruppe 1 um $1,96 \pm 1,77$ mm ($p < 0,001$). In Gruppe 2 verkleinerte sich der Wert um $0,31 \pm 2,15$ mm ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von 2,27 mm ($p < 0,01$).

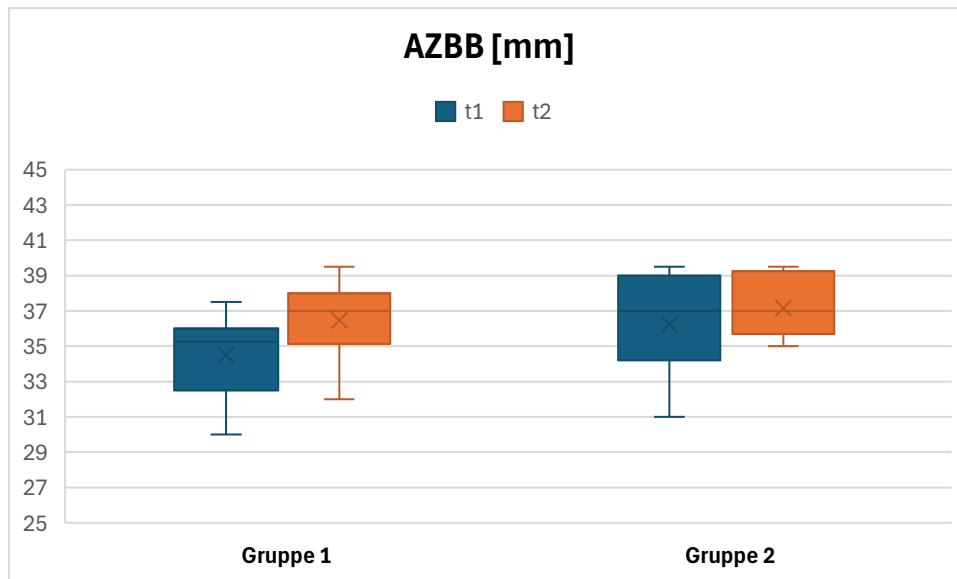


Abbildung 28: Messergebnisse von AZBB

PZBB

Der Wert PZBB vergrößerte sich in Gruppe 1 um $3,70 \pm 2,31$ mm ($p < 0,001$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Wert um $0,87 \pm 3,81$ mm ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von 2,83 mm ($p < 0,05$).

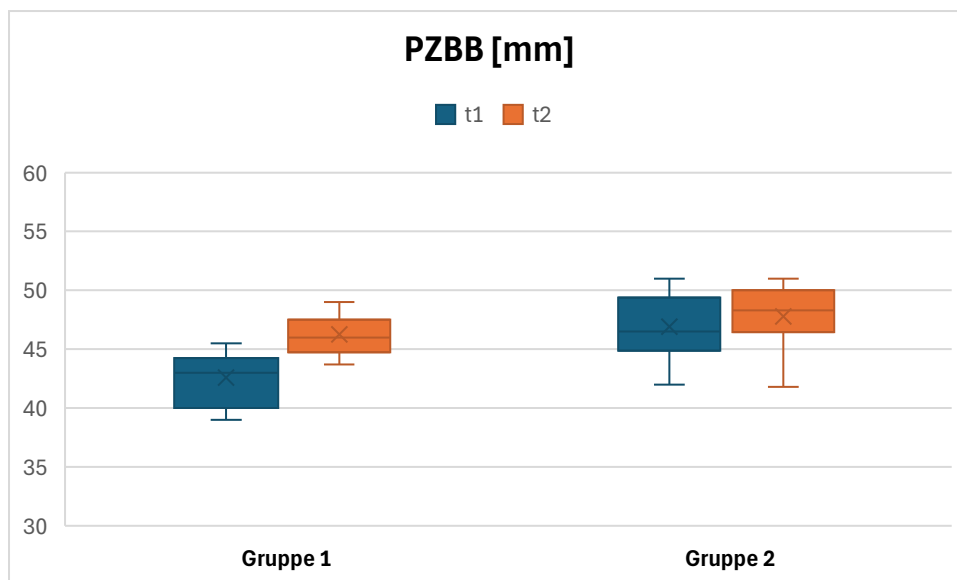


Abbildung 29: Messergebnisse von PZBB

Sagittale Frontzahnstufe

Die sagittale Frontzahnstufe vergrößerte sich in Gruppe 1 um $3,80 \pm 1,96$ mm ($p < 0,001$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Wert um $1,79 \pm 2,04$ mm ($p < 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von 2,00 mm ($p < 0,05$).

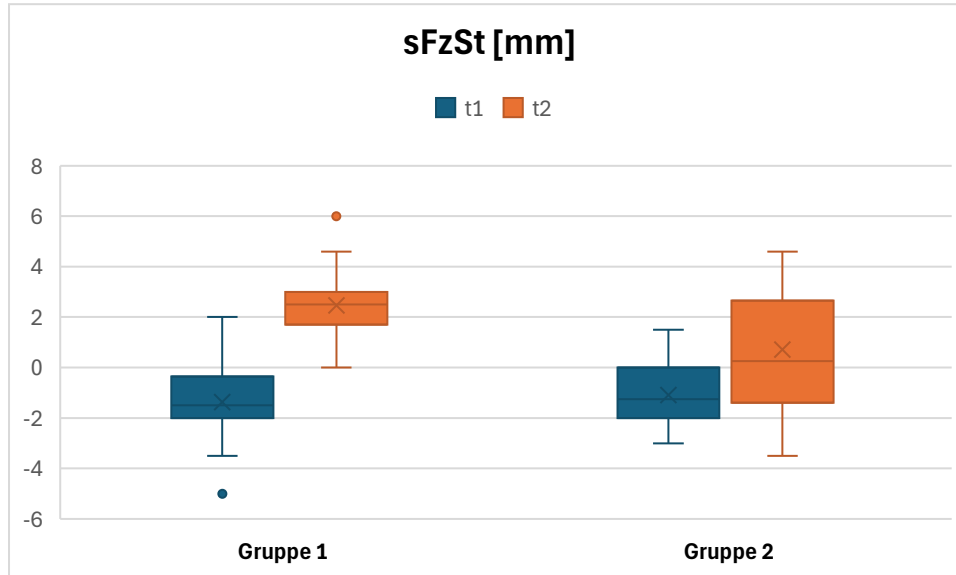


Abbildung 30: Messergebnisse von sFzSt

Vertikale Frontzahnstufe

Die vertikale Frontzahnstufe vergrößerte sich in Gruppe 1 um $0,16 \pm 1,94$ mm ($p \geq 0,05$). In Gruppe 2 vergrößerte sich der Wert um $0,30 \pm 1,29$ mm ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen ergab eine Differenz von 0,14 mm ($p \geq 0,05$).

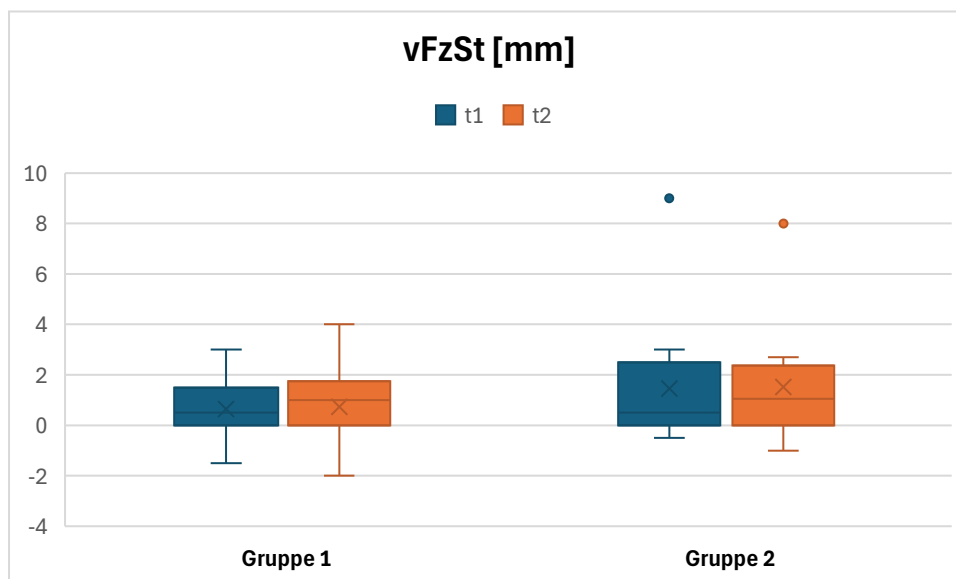


Abbildung 31: Messergebnisse von vFzSt

4.4 Ergebnisse der Auswertung der extraoralen Fotoaufnahmen

Beziehung Stirn-Kinn

In Gruppe 1 hatten 14 Patienten zu t_1 und t_2 eine „gerade“ Beziehung. Bei zwei Patienten war die Beziehung zu t_1 „gerade“ und zu t_2 „nach hinten schief“. Bei zwei Patienten war die Beziehung Stirn-Kinn zu t_1 „nach hinten schief“ und zu t_2 „gerade“. Bei zwei Patienten war sie zu t_1 und t_2 „nach hinten schief“. Bei einem Patienten blieb die Beziehung von t_1 zu t_2 „nach vorne schief“.

Beziehung Stirn-Kinn t_1	Beziehung Stirn-Kinn t_2			
		„gerade“	„nach hinten schief“	„nach vorne schief“
„gerade“	14	2	0	
„nach hinten schief“	2	2	0	
„nach vorne schief“	0	0	1	

Tabelle 11: Beziehung Stirn-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

In Gruppe 2 hatten drei Patienten zu t_1 und t_2 eine „gerade“ Beziehung. Bei vier Patienten war die Beziehung zu t_1 „gerade“ und zu t_2 „nach vorne schief“. Bei zwei Patienten war die Beziehung zu t_1 „nach hinten schief“ und zu t_2 „gerade“. Bei einem Patienten war die Beziehung zu t_1 und t_2 „nach hinten schief“. Bei zwei Patienten war die Beziehung zu t_1 und t_2 „nach vorne schief“.

Beziehung Stirn-Kinn t_1	Beziehung Stirn-Kinn t_2			
		„gerade“	„nach hinten schief“	„nach vorne schief“
	„gerade“	3	0	4
	„nach hinten schief“	2	1	0
	„nach vorne schief“	0	0	2

Tabelle 12: Beziehung Stirn-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen war signifikant ($p < 0,05$).

Verhältnis zwischen unterem und mittlerem Gesichtsdrittel

In Gruppe 1 hatten sieben Patienten zu t_1 und t_2 ein „gleiches“ Verhältnis zwischen mittlerem und unterem Gesichtsdrittel. Bei vier Patienten war das Verhältnis zu t_1 „gleich“ und zu t_2 „verlängert“. Ein Patient hatte zu t_1 und t_2 ein „verkürztes“ unteres Gesichtsdrittel. Ein Patient hatte zu t_1 ein „verlängertes“ und zu t_2 ein „gleich“ langes unteres Gesichtsdrittel. Bei acht Patienten lag zu t_1 und t_2 ein „verlängertes“ Gesichtsdrittel vor.

Gesichtsdrittelung t_1	Gesichtsdrittelung t_2			
		„gleich“	„verkürzt“	„verlängert“
	„gleich“	7	0	4
	„verkürzt“	0	1	0
	„verlängert“	1	0	8

Tabelle 13: Gesichtsdrittelung der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

In Gruppe 2 hatten drei Patienten zu t_1 und t_2 ein „gleich“ langes unteres Gesichtsdrittel. Ein Patient hatte zu t_1 ein „gleich“ langes und zu t_2 ein „verkürztes“ unteres Gesichtsdrittel. Bei zwei Patienten lag zu t_1 ein „gleich“ langes und zu t_2 ein „verlängertes“ unteres Gesichtsdrittel

vor. Bei einem Patienten lag zu t_1 ein „verkürztes“ und zu t_2 ein „gleich“ langes unteres Gesichtsdrittel vor. Bei zwei Patienten war das untere Gesichtsdrittel zu t_1 und t_2 „verkürzt“. Bei einem Patienten war das untere Gesichtsdrittel zu t_1 „verlängert“ und zu t_2 „gleich“. Bei zwei Patienten war das untere Gesichtsdrittel zu t_1 und t_2 „verlängert“.

		Gesichtsdrittelung t_2		
Gesichtsdrittelung t_1		„gleich“	„verkürzt“	„verlängert“
	„gleich“	3	1	2
	„verkürzt“	1	2	0
	„verlängert“	1	0	2

Tabelle 14: Gesichtsdrittelung der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen war nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Lippenstufe

In Gruppe 1 hatte ein Patient zu t_1 und t_2 eine „dorsale“ Lippenstufe. Bei zwei Patienten lag zu t_1 eine „physiologische“ und zu t_2 eine „dorsale“ Lippenstufe vor. Bei elf Patienten war die Lippenstufe zu t_1 und t_2 „physiologisch“. Bei fünf Patienten war die Lippenstufe zu t_1 „ventral“ und zu t_2 „physiologisch“. Bei zwei Patienten war die Lippenstufe zu t_1 und t_2 „ventral“.

		Lippenstufe t_2		
Lippenstufe t_1		„dorsal“	„physiologisch“	„ventral“
	„dorsal“	1	0	0
	„physiologisch“	2	11	0
	„ventral“	0	5	2

Tabelle 15: Lippenstufe der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren signifikant ($p < 0,05$).

In Gruppe 2 war bei einem Patienten die Lippenstufe zu t_1 und t_2 „dorsal“. Bei einem Patienten war die Lippenstufe zu t_1 „physiologisch“ und zu t_2 „dorsal“. Bei vier Patienten war die Lippenstufe zu t_1 und t_2 „physiologisch“. Bei zwei Patienten war die Lippenstufe zu t_1 „physiologisch“ und zu t_2 „ventral“. Bei zwei Patienten war die Lippenstufe zu t_1 „ventral“ zu t_2 „physiologisch“. Bei zwei Patienten war die Lippenstufe zu t_1 und t_2 „ventral“.

		Lippenstufe t_2		
Lippenstufe t_1		„dorsal“	„physiologisch“	„ventral“
	„dorsal“	1	0	0
	„physiologisch“	1	4	2
	„ventral“	0	2	2

Tabelle 16: Lippenstufe der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen war nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn

In Gruppe 1 war die Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn bei elf Patienten zu t_1 und t_2 „gerade“. Bei vier Patienten war die Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn zu t_1 „gerade“ und zu t_2 „konvex“. Ein Patient hatte zu t_1 ein „konkaves“ und zu t_2 ein „gerades“ Profil. Ein Patient hatte zu t_1 ein „konvexes“ und zu t_2 ein „gerades“ Profil. Vier Patienten hatten zu t_1 und t_2 ein „konvexes“ Profil.

		Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn t_2		
Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn t_1		„gerade“	„konkav“	„konvex“
	„gerade“	11	0	4
	„konkav“	1	0	0
	„konvex“	1	0	4

Tabelle 17: Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

In Gruppe 2 hatten acht Patienten zu t_1 und t_2 ein „gerades“ Profil. Ein Patient hatte zu t_1 ein „gerades“ und zu t_2 ein „konkaves“ Profil. Ein Patient hatte zu t_1 ein „gerades“ und zu t_2 ein „konvexes“ Profil. Zwei Patienten hatten zu t_1 und t_2 ein „konvexes“ Profil.

Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn t_1	Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn t_2			
		„gerade“	„konkav“	„konvex“
	„gerade“	8	1	1
	„konkav“	0	0	0
	„konvex“	0	0	2

Tabelle 18: Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$)

Der Vergleich beider Gruppen war nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Supramentalfalte

In Gruppe 1 hatten sieben Patienten zu t_1 und t_2 eine „unauffällige“ Supramentalfalte. Bei zwei Patienten war sie zu t_1 „verstrichen“ und zu t_2 „unauffällig“. Bei zwölf Patienten war die Supramentalfalte zu t_1 und t_2 „verstrichen“.

Supramentalfalte t_1	Supramentalfalte t_2			
		„stark ausgeprägt“	„unauffällig“	„verstrichen“
	„stark ausgeprägt“	0	0	0
	„unauffällig“	0	7	0
	„verstrichen“	0	2	12

Tabelle 19: Supramentalfalte der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

In Gruppe 2 hatte ein Patient zu t_1 und t_2 eine „stark ausgeprägte“ Supramentalfalte. Bei sechs Patienten war sie zu t_1 und t_2 „unauffällig“. Bei zwei Patienten war sie zu t_1 „verstrichen“ und zu t_2 „unauffällig“. Bei drei Patienten war die Supramentalfalte zu t_1 und t_2 „verstrichen“.

Supramentalfalte t_1	Supramentalfalte t_2			
		„stark ausgeprägt“	„unauffällig“	„verstrichen“
„stark ausgeprägt“		1	0	0
„unauffällig“		0	6	0
„verstrichen“		0	2	3

Tabelle 20: Supramentalfalte der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2

Die Veränderungen waren nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

Der Vergleich beider Gruppen war nicht signifikant ($p \geq 0,05$).

4.5 Komplikationen

Bei vier Patienten aus Gruppe 2 mussten die Miniplatten im Verlauf der Behandlung umpositioniert werden. Grund dafür waren in einem Fall Granulationen der Gingiva, die die Zugänglichkeit der Haken beeinträchtigten. In drei Fällen kam es zu Lockerungen der Miniplatten im Oberkiefer. Davon waren in zwei Fällen jeweils eine Miniplatte locker. In einem Fall waren beide Oberkiefer-Miniplatten locker. Die Miniplatten wurden entnommen und nach einer Karenz von etwa acht bis zwölf Wochen neu inseriert. Insgesamt blieben die Miniplatten bei acht Patienten während der Dauer der Protraktion stabil.

4.6 Retest-Reliabilität

Die Überprüfung der Messgenauigkeit erfolgte für die metrischen Daten mittels Pearson-Korrelation, für die nominalen Daten mittels Analyse nach Cohens Kappa. Die Ergebnisse sind den Tabellen 22 bis 25 im Anhang zu entnehmen und ergaben in jedem Fall einen Wert über 0,7. Nach Bühner [8] wird eine Korrelation ab 0,7 als akzeptabel und ab 0,8 als gut gewertet.

5 Diskussion

5.1 Patientenkollektiv und Methodik

Die Daten beider Gruppen stammen aus dem Patientengut der Klinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums des Saarlandes.

Die Behandlungsmethode nach De Clerck [20] wurde am Universitätsklinikum des Saarlandes erstmalig im Jahr 2019 eingeführt. Im Jahr 2024 wurde das bislang verwendete System (PSM Medical GmbH, Gunningen, Deutschland) auf ein anderes (Bollard®™, Tita-Link, Brüssel, Belgien) umgestellt. Da einige Patienten und deren Erziehungsberechtigte keine zwei Operationen zur Insertion und Entfernung der Miniplatten wünschten, konnten in Gruppe 2 nicht mehr als zwölf Patienten eingeschlossen werden. Somit war die Patientenzahl größer als in der Studie von De Clerck et al. [20], in der drei Patienten eingeschlossen wurden. In weiterführenden Studien untersuchten De Clerck et al. [17–19] bis zu 25 Patienten.

In Gruppe 1 wurden die Patientendaten von 2010 bis 2023 erstellt. Es wurden ausschließlich Patienten in die Studie aufgenommen, die die Behandlung abgeschlossen haben. Daher umfasste Gruppe 1 insgesamt 21 Patienten. In einer Studie von Kiliçoğlu [35] wurden 16 Patienten, die mit Delaire-Maske behandelt wurden, untersucht und mit einer Kontrollgruppe von zehn Patienten verglichen. In der Studie von Ağlarci et al. [1] wurden 25 Patienten, die mit Delaire-Maske therapiert wurden und 25 Patienten, die mit skelettaler Verankerung therapiert wurden, untersucht.

Da eine geringe Fallzahl zu erwarten war, wurde in der vorliegenden Arbeit vorab keine Fallzahlplanung durchgeführt. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Unterteilung innerhalb der Gruppen hinsichtlich der Geschlechter verzichtet. In der Studie von De Clerck et al. [18] wurde bei der Auswertung ebenfalls nicht zwischen den Geschlechtern unterschieden. Die Studie von Kiliçoğlu et al. [35] untersuchte ausschließlich weibliche Patienten.

Die Patienten in Gruppe 1 waren jünger als in Gruppe 2. In Gruppe 1 waren die Patienten $6,52 \pm 1,29$ Jahre alt. In Gruppe 2 waren die Patienten im Alter von $11,00 \pm 1,76$ Jahren. Dies liegt in der Empfehlung zur Anwendung beider Methoden begründet. In der systematischen Übersichtsarbeit von Woon et al. [73] wurden Patienten im Alter von sieben bis zwölf Jahren mit Delaire-Maske behandelt. In der Metaanalyse von Kim et al. [36] wurde geschlossen, dass die Therapieeffekte mit Delaire-Maske bei Patienten unter zehn Jahren größer waren. Baccetti et al. [3] schlussfolgerten aus ihrer Studie, die den Behandlungsbeginn mit Delaire-Maske im frühen Wechselgebiss mit dem Start im späten Wechselgebiss verglich, dass ausgeprägteres sagittales Wachstum der Maxilla bei Behandlungsbeginn im frühen Wechselgebiss zu

erwarten ist. De Clerck et al. [17] empfehlen für die Verwendung der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik ein Patientenalter von mindestens elf Jahren, da der Knochen mit zunehmendem Alter eine kompaktere Struktur erlangt. Dadurch wird eine höhere Stabilität der Miniplatten erreicht.

In der vorliegenden Arbeit wurden Patienten in Gruppe 1 $11,71 \pm 6,44$ Monate und in Gruppe 2 $19,67 \pm 6,41$ Monate behandelt. Da bei Verwendung der Delaire-Maske im zunehmenden Alter geringere skelettale Effekte [36,37] zu erwarten sind, erscheint es sinnvoll die Apparatur aufgrund der dentalen Nebenwirkungen [9] rechtzeitig abzusetzen. Bei der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik ist es denkbar die Miniplatten in situ zu belassen, bis kein weiteres Wachstum mehr zu erwarten ist.

Der chirurgische Eingriff zur Insertion der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik wurde in der vorliegenden Arbeit durch zwei Fachärzte für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums des Saarlandes durchgeführt. In der Studie von De Clerck et al. wurden alle operativen Eingriffe durch denselben Chirurgen durchgeführt [18].

Um die Therapieeffekte zu vergleichen, wurden Fernröntgenseitenbilder, Modelle beziehungsweise Intraoralscans und extraorale Fotoaufnahmen verwendet. Diese werden standardmäßig im Rahmen der kieferorthopädischen Behandlung angefertigt.

5.1.1 Fernröntgenseitenbilder

Fernröntgenseitenbilder stellen eine diagnostische Bildgebung mit Strahlenbelastung dar [52]. Die Anfertigung erfordert daher eine rechtfertigende Indikation [75]. Es existieren Studien mit älteren Datensätzen, die das Wachstum unbehandelter Patienten anhand von Fernröntgenseitenbildern untersuchen [5,56]. Der Vergleich von Angle Klasse III-Patienten mit Patienten ohne oder mit anderen Dysgnathien ist aufgrund der unterschiedlichen Kieferrelation nur bedingt möglich. Daher wurde in dieser Studie keine Kontrollgruppe mit Fernröntgenseitenbildern untersucht und verglichen.

Die Auswertung der Fernröntgenseitenbilder ermöglicht Aussagen über vertikale und sagittale Parameter des Gesichtsschädels zu treffen [42]. Sie wurde in einigen Studien zur Untersuchungen der skelettalen Angle Klasse III-Dysgnathie angewandt [1,3,9,15,20,26,35,65,73].

Die Erstellung des Fernröntgenseitenbildes erfordert das Zusammenbeißen der Patienten. Bei Patienten mit Angle Klasse III-Dysgnathie können Zwangsführungen des Unterkiefers auftreten. Dies kann Ergebnisse verfälschen [51]. Asymmetrien des Schädels oder falsche Positionierung der Patienten bei der Röntgenaufnahme können Doppelkonturen hervorrufen [53], was eine Ungenauigkeit in der Auswertung bewirkt.

Die sagittale Position der Maxilla wird im Rahmen der Fernröntgenseitenauswertung durch den Winkel SNA beschrieben. Eine kurze vordere Schädelbasis und die daraus resultierende Lage des Punktes N, kann zu Variationen des Winkels führen [71].

5.1.2 Modellauswertung

Die Verwendung der Modellauswertung ist ein gängiges Verfahren der kieferorthopädischen Diagnostik und wird ebenfalls in einigen Studien zur Untersuchung der Angle Klasse III-Dysgnathie verwendet [15,32,37].

5.1.3 Auswertung der extraoralen Fotoaufnahmen

Die Anfertigung von extraoralen Fotoaufnahmen ist in der Zahnmedizin weit verbreitet [10,40] und wird standardmäßig zur kieferorthopädischen Diagnostik angewandt [58]. Sie wird in einigen Studien zur Untersuchung der skelettalen Klasse III-Dysgnathie aufgeführt [15,20]. Ausschlaggebend für die Vergleichbarkeit der Fotografien von t_1 zu t_2 ist die Reproduzierbarkeit der Aufnahme [27]. Die Patienten dieser Studie wurden mit der gleichen Kamera und im selben Raum zu beiden Zeitpunkten fotografiert. Eine Variation der Kopfhaltung der Patienten kann den Vergleich der Aufnahmen erschweren [58].

5.2 Vergleich der eigenen Ergebnisse mit denen aus der Literatur

Ziel der kieferorthopädischen Therapie bei maxillärer Retrognathie ist eine Vergrößerung des SNA-Winkels über das natürliche Wachstum hinaus zu bewirken.

Die Untersuchungen des natürlichen Wachstums männlicher Patienten nach Bhatia und Leighton [5] sind in Tabelle 21 in Gegenüberstellung zu den Messergebnissen dieser Arbeit dargestellt. Der Vergleich ist aufgrund der individuellen Unterschiede zwischen dem Wachstum von Patienten mit Klasse III-Dysgnathien und Patienten anderer oder ohne Dysgnathien nur bedingt möglich.

Tabelle 21 ist zu entnehmen, dass sich der Winkel SNA sowohl in Gruppe 1 als auch in Gruppe 2 über das natürliche Wachstum hinaus zu vergrößern scheint.

	Ergebnisse dieser Arbeit mit Delaire-Maske	Ergebnisse der Untersuchungen von Bhatia und Leighton [5]	Ergebnisse dieser Arbeit mit skelettaler Klasse III-Mechanik	Ergebnisse der Untersuchungen von Bhatia und Leighton [5]
Messwerte	Patienten aus Gruppe 1	Patienten im Alter von 6 bis 8 Jahren	Patienten aus Gruppe 2	Patienten im Alter von 10 bis 12 Jahren
Δ SNA	0,81°	-0,70°	1,99°	0,50°
Δ SNB	-0,61°	0,00°	0,79°	0,60°
Δ ML/NL	1,45°	-0,60°	-0,83°	-0,50°
Δ OK1/NL	4,38°	2,90°	1,18°	0,30°
Δ UK1/ML	-4,78°	6,20°	1,24°	1,50°

Tabelle 21: Vergleich der Messergebnisse dieser Studie mit beschriebenen Ergebnissen aus der Literatur

Die Delaire-Maske erzielt in Studien eine Protraktion der Maxilla [36]. Durch die dentale Verankerung der Apparatur zeigte sich in Studien eine Auswirkung auf die Oberkiefersechsjahrmolaren im Sinne einer Extrusion [36]. Zudem ließ sich eine Retrusion der Unterkiefer-Schneidezähne und Protrusion der Oberkiefer-Schneidezähne beobachten. Neben der Protraktion der Maxilla zeigte sich eine posteriore Rotation der Mandibula, welche sich durch die Extrusion der Oberkiefersechsjahrmolaren sowie durch die extraorale Abstützung der Apparatur an Kinn und Stirn erklären lässt [36]. Diese Effekte ließen sich ebenfalls in der vorliegenden Arbeit beobachten. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Bhatia und Leighton [5] traten ausgeprägte dentale Effekte auf. Daher könnte angenommen werden, dass die Inklinationen der Frontzähne im Zusammenhang mit der Delaire-Maske auftreten und nicht mit dem natürlichen Wachstum vereinbar sind.

Cevitanes et al. [9] beobachteten in einer Studie, die die Delaire-Maske mit der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik verglich, eine ausgeprägtere Protraktion der Maxilla sowie das Ausbleiben einer Rotation der Mandibula nach posterior bei Verwendung der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik. Diese Ergebnisse sind mit der vorliegenden Studie vereinbar. In Gruppe 2 war die Protraktion der Maxilla etwa doppelt so groß wie in Gruppe 1. Eine Rotation der Mandibula nach posterior blieb in Gruppe 2 ebenfalls aus.

Ağlarci et al.[1] beobachteten in ihrer Studie dentale Nebenwirkungen bei Verwendung einer skelettalen Verankerung in Form der Proklination der Unterkiefer-Schneidezähne. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von De Clerck et al. [20]. Die Autoren mutmaßten, dass dies durch den Zungendruck nach Überstellung der negativen Frontzahnstufe zustande kam. Die vorliegende Arbeit zeigte keine signifikanten dentalen Veränderungen in Gruppe 2. In der Studie von Ağlarci et al. [1] und der von De Clerck et al. [20] wurde zur Desorientierung der Okklusion eine Aufbissplatte im Oberkiefer eingesetzt. In der vorliegenden Arbeit wurde zur Desorientierung der Okklusion eine Aufbissplatte im Unterkiefer eingegliedert. Die Unterkiefer-Aufbissplatte kann einer Stellungsänderung der Unterkiefer-Schneidezähne entgegenwirken.

In der Studie von Tripathi et al. [65] wurden die Behandlungseffekte von konventioneller Delaire-Maske und einer Kombination aus Delaire-Maske mit skelettaler Verankerung in Form von Miniplatten in Regio der Oberkiefersechsjahrmolaren verglichen. Die Autoren beschrieben ausgeprägtere skelettale Effekte bei Verwendung der Delaire-Maske mit skelettaler Verankerung. Zudem waren mit skelettaler Verankerung keine signifikanten dentalen Nebenwirkungen an den Oberkiefersechsjahrmolaren und Oberkiefer-Schneidezähnen zu beobachten.

Die Delaire-Maske ist sowohl in konventioneller Ausführung als auch skelettal verankert extraoral abgestützt, was sie aus ästhetischen und praktischen Gesichtspunkten schlechter in den Alltag integrieren lässt als die rein intraoral getragene Klasse III-Mechanik, die von Patienten gut angenommen wird [12]. Die Übersichtsarbeit von Kamath et al. [34] untersuchte die Delaire-Maske mit skelettaler Verankerung und die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik. Die Autoren schlussfolgerten, dass beide Methoden eine Protraktion der Maxilla bewirken mit geringfügigen dentalen Nebenwirkungen und das Wachstum der Mandibula mit beiden Methoden beeinflusst wird. In der vorliegenden Arbeit wurde in Gruppe 1 eine Rückverlagerung beziehungsweise Wachstumshemmung der Mandibula festgestellt. In Gruppe 2 war keine Wachstumshemmung der Mandibula zu beobachten.

Die Studie von De Clerck et al. [18] ergab eine Protrusion des Weichgewebes im Bereich der Maxilla um etwa vier Millimeter. De Clerck et al.[20] beobachteten bei den drei untersuchten Patienten keine anterior Verlagerung der Unterlippe. In der vorliegenden Studie war in Gruppe 2 keine Protrusion der Oberlippe ersichtlich. Die Unterlippe zeigte in Gruppe 2 eine signifikante Retrusion. Dies führt zu einer Verbesserung der Relation zwischen Ober- und Unterlippe.

Die Modellauswertung ergab in beiden Gruppen eine signifikante Vergrößerung der sagittalen Frontzahnstufe. Diese war in Gruppe 1 größer als in Gruppe 2. Eine mögliche Erklärung ist neben der Protraktion der Maxilla die signifikante Proklination der Oberkiefer-Schneidezähne und Retroinklination der Unterkiefer-Schneidezähne in Gruppe 1, sowie die Rotation der Mandibula nach posterior [36].

In Gruppe 1 vergrößerte sich sowohl die anteriore als auch die posteriore Zahnbogenbreite höchst signifikant. In Gruppe 2 waren die Veränderungen nicht signifikant. Zu bedenken ist, dass ausschließlich Patienten mit transversalem Defizit eine transversale Erweiterung erhielten. Eine Überexpansion wurde nicht angestrebt.

Die Auswertung der extraoralen Fotoaufnahmen dieser Arbeit ergab in Gruppe 1 eine signifikante Veränderung der Lippenstufe. Fünf Patienten, die zu t_1 eine „ventrale“ Lippenstufe hatten, zeigten zu t_2 eine „physiologische“ Lippenstufe. Bei zwei Patienten war die Lippenstufe zu t_1 „physiologisch“ und zu t_2 „dorsal“. Dies ist vereinbar mit den Ergebnissen der Fernröntgen-seitenauswertung, bei der in Gruppe 1 eine Protrusion der Oberlippe auftrat. In der Studie von De Clerck et al. [20] wurde bei Verwendung der skelettal verankerten Klasse III-Mechanik eine Verlagerung des Weichgewebes nach anterior festgestellt, wodurch sich die Konkavität des Gesichtes reduzierte. In der vorliegenden Arbeit ließen sich anhand der extraoralen Fotoaufnahmen keine signifikanten Veränderungen des Profils der Patienten feststellen.

Die Stabilität der Miniplatten wurde in der Studie von De Clerck et al. [17] mit 97% bei 100 Miniplatten und 25 Patienten beschrieben. Alle Miniplatten wurden von demselben Chirurgen inseriert. Lockerungen traten ausschließlich im Oberkiefer auf [17]. Im Gegensatz dazu wurden in der systematischen Übersichtsarbeit von Crismani et al. [14] in drei Studien stabilere Schrauben im Oberkiefer beschrieben. Die Autoren interpretierten die höheren Verlustraten im Unterkiefer mit einer Überhitzung des Knochens bei Insertion der Schrauben. In der vorliegenden Arbeit traten die Lockerungen ausschließlich im Oberkiefer auf. Die Stabilitätsrate betrug 87,5%.

In der Studie von Cornelis et al. [11] wurde in einem Tierexperiment der Einfluss der kieferorthopädisch applizierten Kraft auf die Stabilität der Miniplatten und Schrauben untersucht. Die Autoren schlussfolgerten, dass diese keinen signifikanten Einfluss hat. Als entscheidend für eine Lockerung sahen die Autoren die erste Woche der Kraftapplikation. Lockerungen waren häufig mit lokaler Entzündung assoziiert. In der vorliegenden Arbeit traten Lockerungen ebenfalls häufig in Zusammenhang mit schlechter Mund- oder Handhygiene auf.

In der Studie von De Clerck et al. [17] wurde im Falle der Lockerung einer Miniplatte diese entnommen und nach drei Monaten neu inseriert. In der vorliegenden Arbeit wurden Miniplatten ebenfalls nach dreimonatiger Karenz neu inseriert und die Behandlung konnte im Anschluss fortgesetzt werden.

Im Gegensatz zu der Delaire-Maske sind für die Behandlung mit skelettal verankerter Klasse III-Mechanik operative Eingriffe zur Insertion und Entfernung der Miniplatten notwendig. Es ist hier zu bedenken, dass es zu Verwachsungen der Platten mit Knochen kommen kann, was die Entfernung der Platten erschwert [68].

In der Studie von Mandall et al. [45] ließen sich nach Behandlung mit Delaire-Maske keine Kiefergelenksbeschwerden beobachten. In der vorliegenden Arbeit wurden weder in Gruppe 1 noch in Gruppe 2 Symptome craniomandibulärer Dysfunktion verzeichnet.

In der systematischen Übersichtsarbeit von Cornelis et al. [13] wurde die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik auf Wirksamkeit überprüft. Insgesamt wurden 28 Publikationen analysiert, die eine Patientenanzahl von drei bis 52 untersuchten. Die Autoren beobachteten, dass mehrere Publikationen dieselben Patienten untersuchten und empfahlen die Durchführung weiterer Studien, um die Patienten auch im Hinblick auf die Stabilität der Ergebnisse zu untersuchen.

Es ist zu bedenken, dass die Patienten in der vorliegenden Arbeit bis zu einem Alter von maximal 15 Jahren behandelt wurden. In diesem Alter ist nach Nanda et al. [53] weiteres Wachstum zu erwarten. Delaire [23] beschrieb außerdem ein erhöhtes Risiko für ein Rezidiv nach Behandlung mit Delaire-Maske, sollte sich die orofaziale Muskulatur nicht an die Kieferposition angepasst haben.

Verglichen mit den Untersuchungen von Bhatia und Leighton [5] (Tab. 21) erzielten sowohl die Delaire-Maske als auch die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik eine Zunahme des SNA-Winkels über das natürliche Wachstum hinaus. Ob die entsprechende Längenzunahme des Oberkiefers ausreichend war, lässt sich anhand dieser Studie nicht abschließend beurteilen. Daher erscheint insbesondere die Untersuchung der Stabilität der Ergebnisse relevant.

5.3 Schlussfolgerungen

Beide Behandlungsmethoden führen zu einer Protraktion der Maxilla. Die Therapie mit Delaire-Maske zeigte dentale Nebenwirkungen in Form einer ausgeprägten Proklination der Oberkiefer-Schneidezähne und eine Rotation der Mandibula nach posterior. Die Therapie mit skelettal verankerter Klasse III-Mechanik führte nicht zu signifikanten dentalen Nebenwirkungen. Eine Rotation der Mandibula war hierbei ebenfalls nicht zu beobachten. Die skelettal verankerte Klasse III-Mechanik lässt sich zudem durch die rein intraoral getragenen Gummizüge gut in den Alltag integrieren.

Weiterhin ist zu bedenken, dass nach unzureichender Reaktion im Rahmen der Therapie mit Delaire-Maske oder bei Erstvorstellung im Alter von zehn Jahren die Therapie mit skelettal verankerter Klasse III-Mechanik in Betracht gezogen werden kann. Gegebenenfalls kann mit skelettaler Verankerung auch in Hinblick auf eine spätere Umstellungsosteotomie die Verlagerungstrecke der Kiefer verkürzt werden.

Um die Stabilität der Behandlungsergebnisse zu untersuchen, erscheinen weitere Studien zu Langzeitergebnissen und der Notwendigkeit einer Umstellungsosteotomie im Verlauf, sinnvoll.

6 Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Ağlarci C, Esenlik E, Findik Y (2016) Comparison of short-term effects between face mask and skeletal anchorage therapy with intermaxillary elastics in patients with maxillary retrognathia. *Eur J Orthodont* 38:313–323
2. Angle EH (1899) Classification of malocclusion. *Dental Cosmos* 41:248–264
3. Baccetti T, Franchi L, McNamara JA (2000) Treatment and posttreatment craniofacial changes after rapid maxillary expansion and facemask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 118:404–413
4. Becker MJ (1986) Mandibular symphysis (medial suture) closure in modern Homo sapiens: Preliminary evidence from archaeological populations. *Am J Phys Anthropol* 69:499–501
5. Bhatia SN, Leighton BC (1993) *A Manual of Facial Growth: A Computer Analysis of Longitudinal Cephalometric Growth Data*. Oxford University Press, New York
6. Birkeland K, Klatte A, Løvgreen S, Bøe OE, Wisth PJ (1999) Factors influencing the decision about orthodontic treatment. *J Orofac Orthop* 60:292–307
7. Björk A (1966) Sutural growth of the upper face studied by the implant method. *Acta Odontol Scand* 24:109–127
8. Bühner, M. (2011) *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. 3rd edition. Pearson, München
9. Cevidanes L, Baccetti T, Franchi L, McNamara JA, De Clerck H (2010) Comparison of two protocols for maxillary protraction: bone anchors versus face mask with rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 80:799–806
10. Christensen GJ (2005) Important clinical uses for digital photography. *J Am Dent Assoc* 136:77–79
11. Cornelis M, Mahy P, Devogelaer J, De Clerck H, Nyssen-Behets C (2010) Does orthodontic loading influence bone mineral density around titanium miniplates? An experimental study in dogs. *Orthod Craniofac Res* 13:21–27
12. Cornelis MA, Scheffler NR, Nyssen-Behets C, De Clerck HJ, Tulloch JFC (2008) Patients' and orthodontists' perceptions of miniplates used for temporary skeletal anchorage: A prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 133:18–24
13. Cornelis MA, Tepedino M, Riis N de V, Niu X, Cattaneo PM (2021) Treatment effect of bone-anchored maxillary protraction in growing patients compared to controls: a systematic review with meta-analysis. *Eur J Orthodont* 43:51–68
14. Crismani AG, Bertl MH, Čelar AG, Bantleon H-P, Burstone CJ (2010) Miniscrews in orthodontic treatment: Review and analysis of published clinical trials. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137:108–113
15. Cruz RM, Krieger H, Ferreira R, Mah J, Hartsfield Jr J, Oliveira S (2008) Major gene and multifactorial inheritance of mandibular prognathism. *Am J Med Genet A* 146A:71–77

16. Currie K, Sawchuk D, Saltaji H, Oh H, Flores-Mir C, Lagravere M (2017) Posterior cranial base natural growth and development: A systematic review. *Angle Orthod* 87:897–910
17. De Clerck EEB, Swennen GRJ (2011) Success rate of miniplate anchorage for bone anchored maxillary protraction. *Angle Orthod* 81:1010–1013
18. De Clerck H, Cevidanes L, Baccetti T (2010) Dentofacial effects of bone-anchored maxillary protraction: A controlled study of consecutively treated Class III patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 138:577–581
19. De Clerck H, Nguyen T, de Paula LK, Cevidanes L (2012) Three-dimensional assessment of mandibular and glenoid fossa changes after bone-anchored Class III intermaxillary traction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 142:25–31
20. De Clerck HJ, Cornelis MA, Cevidanes LH, Heymann GC, Tulloch CJF (2009) Orthopedic Traction of the Maxilla With Miniplates: A New Perspective for Treatment of Midface Deficiency. *J Oral Maxillofac Surg* 67:2123–2129
21. Dehesa-Santos A, Iber-Diaz P, Iglesias-Linares A (2021) Genetic factors contributing to skeletal class III malocclusion: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Invest* 25:1587–1612
22. Delaire J (1971) [Manufacture of the „orthopedic mask“]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 72:579–582
23. Delaire J (1997) Maxillary development revisited: relevance to the orthopaedic treatment of Class III malocclusions. *Eur J Orthod* 19:289–311
24. Enlow DH, Hans MG (2008) *Essentials of facial growth*. 2nd edition. Distributed by Needham Press, Ann Arbor, MI
25. Ferro KJ, Morgano SM, Driscoll CF, Freilich MA, Guckes AD, Knoernschild KL, McGarry TJ (eds) (2017) *The Glossary of Prosthodontic Terms*. *J Prosthet Dent* 117:C1-e105
26. Foersch M, Jacobs C, Wriedt S, Hechtner M, Wehrbein H (2015) Effectiveness of maxillary protraction using facemask with or without maxillary expansion: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig* 19:1181–1192
27. Gebhardt Philipp F.; Hourfar Jan (2017) „Best practice“ extraorale Fotografie in der Kieferorthopädie. *Kieferorthopädie* 31:209–212
28. Graber TM (1963) The “three M’s”: Muscles, malformation, and malocclusion. *Am J Orthod* 49:418–450
29. Guyer EC, Ellis EE, McNamara JA, Behrents RG (1986) Components of class III malocclusion in juveniles and adolescents. *Angle Orthod* 56:7–30
30. Hino CT, Cevidanes LHS, Nguyen TT, De Clerck HJ, Franchi L, McNamara JA (2013) Three-dimensional analysis of maxillary changes associated with facemask and rapid maxillary expansion compared with bone anchored maxillary protraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 144:705–714
31. Husson AH, Burhan AS, Hajeer MY, Nawaya FR (2023) Evaluation of the dimensional changes in the mandible, condyles, and the temporomandibular joint following skeletal class III treatment with chin cup and bonded maxillary bite block using low-dose computed tomography: A single-center, randomized controlled trial. *F1000Res* 12:264

32. Inoue Y, Deguchi T, Hartsfield JK, Tome W, Kitai N (2021) Analysis of pretreatment factors associated with stability in early class III treatment. *Prog Orthod* 22:23
33. Jacobson A, Evans WG, Preston CB, Sadowsky PL (1974) Mandibular prognathism. *Am J Orthod* 66:140–171
34. Kamath A, Sudhakar SS, Kannan G, Rai K, Sb A (2022) Bone-anchored maxillary protraction (BAMP): A review. *J Orthod Sci* 11:8
35. Kiliçoğlu H, Kirişçi Y (1998) Profile changes in patients with class III malocclusions after delaire mask therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 113:453–462
36. Kim J-H, Viana MAG, Graber TM, Omerza FF, BeGole EA (1999) The effectiveness of protraction face mask therapy: A meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 115:675–685
37. Kinzinger GSM, Hourfar J, Sommer JN, Lisson JA (2024) Age-dependent effects of Delaire facemask therapy for class III malocclusion : Impact on maxillary sutures and palatal morphology. *J Orofac Orthop* [Online ahead of print] doi: 10.1007/s00056-024-00564-9:
38. Kircelli BH, Pektas ZÖ (2008) Midfacial protraction with skeletally anchored face mask therapy: A novel approach and preliminary results. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 133:440–449
39. Knott VB (1972) Longitudinal Study of Dental Arch Widths at Four Stages of Dentition. *Angle Orthod* 42:387–394
40. Kocakaya DNC, Özel MB, Kartbak SBA, Çakmak M, Sinanoğlu EA (2024) Profile Photograph Classification Performance of Deep Learning Algorithms Trained Using Cephalometric Measurements: A Preliminary Study. *Diagnostics* 14:1916
41. Latham RA (1971) The development, structure and growth pattern of the human mid-palatal suture. *J Anat* 108:31–41
42. Li Z, Hung KF, Ai QYH, Gu M, Su Y, Shan Z (2024) Radiographic Imaging for the Diagnosis and Treatment of Patients with Skeletal Class III Malocclusion. *Diagnostics* 14:544
43. Lombardo G, Vena F, Negri P, Pagano S, Barilotti C, Paglia L, Colombo S, Orso M, Cianetti S (2020) Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent* 21:115–122
44. Lüllmann-Rauch R (2015) Taschenlehrbuch Histologie. 5th edition. Thieme, Stuttgart
45. Mandall N, DiBiase A, Littlewood S, Nute S, Stivaros N, McDowall R, Shargill I, Worthington H, Cousley R, Dyer F, Mattick R, Doherty B (2010) Is Early Class III Protraction Face-mask Treatment Effective? A Multicentre, Randomized, Controlled Trial: 15-month Follow-up. *J Orthod* 37:149–161
46. Mandall N, Cousley R, DiBiase A, Dyer F, Littlewood S, Mattick R, Nute SJ, Doherty B, Stivaros N, McDowall R, Shargill I, Worthington HV (2016) Early class III protraction face-mask treatment reduces the need for orthognathic surgery: a multi-centre, two-arm parallel randomized, controlled trial. *J Orthod* 43:164–175
47. Mandall N, Aleid W, Cousley R, Curran E, Caldwell S, DiBiase A, Dyer F, Littlewood S, Nute S, Campbell SJ, Atkins S, Bayoumi S, Bhatt V, Chambers P, Goodger N, Bates C,

- Malik O, Waring D, Bassett P (2024) The effectiveness of bone anchored maxillary protraction (BAMP) in the management of class III skeletal malocclusion in children aged 11–14 years compared with an untreated control group: A multicentre two-arm parallel randomised controlled trial. *J Orthod* 51:228–239
48. Melsen B (1975) Palatal growth studied on human autopsy material: A histologic microradiographic study. *Am J Orthod* 68:42–54
 49. Melsen B, Melsen F (1982) The postnatal development of the palatomaxillary region studied on human autopsy material. *Am J Orthod* 82:329–342
 50. Miranda F, Garib D, Silva I, Bastos JC da C, Aliaga-Del Castillo A, Yatabe M, de Clerck H, Cevitanes LHS (2025) Maxillary protraction anchored on miniplates versus miniscrews: three-dimensional dentoskeletal comparison. *Eur J Orthodont* 47:cjae071
 51. Musich DR, Busch MJ (2008) Die Betreuung von Patienten mit Klasse-III-Dysgnathie und noch nicht abgeschlossenem Wachstum. *Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie* 40:13–26
 52. Nagasaka S, Fujimura T, Segoshi K (2003) Development of a non-radiographic cephalometric system. *Eur J Orthodont* 25:77–85
 53. Nanda RS (1955) The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *Am J Orthod* 41:658–673
 54. Rodríguez-Vázquez J f., Mérida-Velasco J r., Mérida-Velasco J a., Sánchez-Montesinos I, Espín-Ferra J, Jiménez-Collado J (1997) Development of Meckel's cartilage in the symphyseal region in man. *Anat Rec* 249:249–254
 55. Ruan WH, Winger JN, Yu JC, Borke JL (2008) Induced Premaxillary Suture Fusion: Class III Malocclusion Model. *J Dent Res* 87:856–860
 56. Rutili V, Nieri M, Giuntini V, McNamara Jr JA, Franchi L (2020) A multilevel analysis of craniofacial growth in subjects with untreated Class III malocclusion. *Orthod Craniofac Res* 23:181–191
 57. Ryan FS, Barnard M, Cunningham SJ (2012) Impact of dentofacial deformity and motivation for treatment: A qualitative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 141:734–742
 58. Sandler J, Dwyer J, Kokich V, McKeown F, Murray A, McLaughlin R, O'Brien C, O'Malley P (2009) Quality of clinical photographs taken by orthodontists, professional photographers, and orthodontic auxiliaries. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 135:657–662
 59. Schwarz AM (1958) Röntgenostatik. Urban & Schwarzenberg, München
 60. Schwarz, AM (1961) Roentgenostatics: a practical evaluation of the x-ray headplate. *Am J Orthod* 47:561-585
 61. Scott JH (1962) The growth of the cranio-facial skeleton. *Ir J Med Sci* 37:276–286
 62. Segner D, Hasund A (1998) Individualisierte Kephalmetrie. 3rd edition. Dietmar Segner. Verlag und Vertrieb, Hamburg
 63. Straub WJ (1961) Malfunction of the tongue: Part II. The abnormal swallowing habit: Its causes, effects, and results in relation to orthodontic treatment and speech therapy. *Am J Orthod* 47:596–617

64. Toh AQJ, Leung YY (2022) The effect of orthognathic surgery on temporomandibular disorder. *J Craniomaxillofac Surg* 50:218–224
65. Tripathi T, Rai P, Singh N, Kalra S (2016) A comparative evaluation of skeletal, dental, and soft tissue changes with skeletal anchored and conventional facemask protraction therapy. *J Orthod Sci* 5:92–99
66. Tristão SKPC, Magno MB, Pintor AVB, Christovam IFO, Ferreira DMTP, Maia LC, de Souza IPR (2020) Is there a relationship between malocclusion and bullying? A systematic review. *Prog Orthod* 21:26
67. Van Hevele J, Nout E, Claeys T, Meyns J, Scheerlinck J, Politis C (2018) Bone-anchored maxillary protraction to correct a class III skeletal relationship: A multicenter retrospective analysis of 218 patients. *J Craniomaxillofac Surg* 46:1800–1806
68. Vandergugten S, Cornelis MA, Mahy P, Nyssen-Behets C (2015) Microradiographic and histological evaluation of the bone-screw and bone-plate interface of orthodontic mini-plates in patients. *Eur J Orthodont* 37:325–329
69. Wei X, Hu M, Mishina Y, Liu F (2016) Developmental Regulation of the Growth Plate and Cranial Synchronosis. *J Dent Res* 95:1221–1229
70. Westwood PV, McNamara JA, Baccetti T, Franchi L, Sarver DM (2003) Long-term effects of Class III treatment with rapid maxillary expansion and facemask therapy followed by fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123:306–320
71. Williams S, Andersen Aarhus CE (1986) The morphology of the potential Class III skeletal pattern in the growing child. *Am J Orthod* 89:302–311
72. Willmann JH, Nienkemper M, Tarraf NE, Wilmes B, Drescher D (2018) Early Class III treatment with Hybrid-Hyrax -Facemask in comparison to Hybrid-Hyrax-Mentoplate – skeletal and dental outcomes. *Prog Orthod* 19:42
73. Woon SC, Thiruvengkatachari B (2017) Early orthodontic treatment for Class III malocclusion: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 151:28–52
74. Yepes E, Quintero P, Rueda ZV, Pedroza A (2014) Optimal force for maxillary protraction facemask therapy in the early treatment of class III malocclusion. *Eur J Orthod* 36:586–594
75. § 83 StrlSchG - Einzelnorm. URL: https://www.gesetze-im-internet.de/strlschg/__83.html [Stand 31.03.2025]

7 Publikation und Danksagung

7.1 Publikation

Frühe Ergebnisse dieser Studie wurden in Form einer Posterpräsentation im Rahmen der 95. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) im Jahr 2023 sowie bei dem 35. Dentsply Sirona Förderpreis im Jahr 2024 vorgestellt.

7.2 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Professor Dr. Jörg A. Lisson, der mir die Anfertigung dieser Dissertation ermöglicht hat. Ich möchte mich für seine Unterstützung und wertvollen Ratschläge bedanken.

Frau Dr. Maike Tabellion danke ich für die exzellente Betreuung während der Anfertigung dieser Arbeit und für die Ausführung des Retests.

Für die statistische Beratung und Hilfe bei dem biometrischen Aufbau dieser Dissertation möchte ich mich herzlich bei Frau Dipl.-Stat. Gudrun Wagenpfeil bedanken.

Bei meiner Familie und meinem Partner möchte ich mich für die großartige Unterstützung und Geduld, die mir während meines Studiums und insbesondere beim Verfassen dieser Dissertation entgegengebracht wurde, von ganzem Herzen bedanken.

8 Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.

9 Anhang

9.1 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Patientenkollektiv	11
Tabelle 2: Ausgewertete Fernröntgenseitenbilder.....	12
Tabelle 3: Ausgewertete Modellpaare	12
Tabelle 4: Ausgewertete extraorale Fotoaufnahmen	12
Tabelle 5: Fernröntgenseitenpunkte mit Definition.....	18
Tabelle 6: Fernröntgenseitenwinkel,-linien und -messstrecken mit Definition	22
Tabelle 7: Messungen der Modellauswertung mit Definition	23
Tabelle 8: Durchschnittliche Behandlungsdauer	30
Tabelle 9: Ergebnisse der Fernröntgenseitenauswertung.....	31
Tabelle 10: Ergebnisse der Modellauswertung	39
Tabelle 11: Beziehung Stirn-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	42
Tabelle 12: Beziehung Stirn-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	43
Tabelle 13: Gesichtsdrittellung der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	43
Tabelle 14: Gesichtsdrittellung der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	44
Tabelle 15: Lippenstufe der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	44
Tabelle 16: Lippenstufe der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	45
Tabelle 17: Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	45
Tabelle 18: Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	46
Tabelle 19: Supramentalfalte der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	46
Tabelle 20: Supramentalfalte der Patienten zu Zeitpunkt t_1 und t_2	47
Tabelle 21: Vergleich der Messergebnisse dieser Studie mit beschriebenen Ergebnissen aus der Literatur.....	51
Tabelle 22: Pearson-Korrelationskoeffizient von Zeitpunkt t_1	66
Tabelle 23: Pearson-Korrelationskoeffizient von Zeitpunkt t_2	67
Tabelle 24: Maß der Übereinstimmung nach Kappa von Zeitpunkt t_1	67
Tabelle 25: Maß der Übereinstimmung nach Kappa von Zeitpunkt t_2	68

Tabelle 26: Shapiro-Wilk Test.....	69
Tabelle 27: t-Test für unverbundene Stichproben	70
Tabelle 28: Mann-Whitney-U-Test.....	71
Tabelle 29: t-Test abhängiger Stichproben Gruppe 1	72
Tabelle 30: Wilcoxon-Test Gruppe 1	72
Tabelle 31: t-Test abhängiger Stichproben Gruppe 2	73
Tabelle 32: Wilcoxon-Test Gruppe 2	73
Tabelle 33: McNemar-(Bowker)-Test Gruppe 1	74
Tabelle 34: McNemar-(Bowker)-Test Gruppe 2	74
Tabelle 35: Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton.....	74

9.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lateralaufnahme Delaire-Maske extraoral	13
Abbildung 2: Frontal intraorale Aufnahme der zahngetragenen Häkchen	13
Abbildung 3: Aufsichtsaufnahme: Zahngetragene Häkchen mit GNE	14
Abbildung 4: Skelettal verankerte Klasse III-Mechanik in situ	15
Abbildung 5: Orthopantomogramm der skelettalen Klasse III-Mechanik mit zwei Miniplatten im Oberkiefer und einer Mentoplate im Unterkiefer.	15
Abbildung 6: Skelettal verankerte Klasse III-Mechanik mit Gummizügen in situ	16
Abbildung 7: Aufbissplatte für den Unterkiefer.....	16
Abbildung 8: Fernröntgenseitenpunkte [60],[62] (Norm A: Normierungspunkt A, Norm B: Normierungspunkt B, N: Nasion, S: Sella, Ba: Basion, Ar: Artikulare, Rtg: Ramus-Tangentenpunkt, Go: Gonion, Mtg: Korpus-Tangentenpunkt, Me: Menton, Pg: Pogonion, Ai: Apikale inferior, B: B-Punkt, li: Inzisivus inferior, Is: Inzisivus superior, hPOcP: hinterer Punkt des Okklusionsplanum, Spp: Spina nasalis posterior, As: Apikale superior, A: A-Punkt, Spa: Spina nasalis anterior, Pn: Pronasale, Ctg: Collumnella- Tangentenpunkt, Sn: Subnasale, Ls: Labrale superior, Li: Labrale inferior, Pg': Weichteilpogonion).	19
Abbildung 9: Anteriore und posteriore Zahnbogenbreite (Anteriore Zahnbogenbreite (AZBB) erstreckt sich zwischen den Punkten P1 und P2. Posteriore Zahnbogenbreite (PZBB) erstreckt sich zwischen den Punkten P3 und P4.).....	24
Abbildung 10: Sagittale Frontzahnstufe	24

Abbildung 11: Vertikale Frontzahnstufe	25
Abbildung 12: Analyseverfahren „Basel“ mit Profilanalyse nach Schwarz [59] (KPF: Kieferprofilfeld; N´: Hautnasion; Or : Orbitale; P : Porion; Pg´: Weichteilpogonion).....	26
Abbildung 13: Verhältnis zwischen unterem und mittlerem Gesichtsdrittel (Gl´: Weichteilglabella; Sn: Subnasale; Me´: Weichteilmenton)	27
Abbildung 14: Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn (Tr: Trichion; Sn: Subnasale; Pg´: Weichteilpogonion).....	27
Abbildung 15: Messergebnisse von SNA.....	32
Abbildung 16: Messergebnisse von SNB.....	32
Abbildung 17: Messergebnisse von ANB.....	33
Abbildung 18: Messergebnisse des Wits-Werts.....	33
Abbildung 19: Messergebnisse von NL/NSL.....	34
Abbildung 20: Messergebnisse von ML/NL.....	34
Abbildung 21: Messergebnisse von ML/NSL	35
Abbildung 22: Messergebnisse von arGoMe	35
Abbildung 23: Messergebnisse von OK1/NL	36
Abbildung 24: Messergebnisse von UK1/ML	36
Abbildung 25: Messergebnisse von NW	37
Abbildung 26: Messergebnisse von Ls-EL.....	37
Abbildung 27: Messergebnisse von Li-EL.....	38
Abbildung 28: Messergebnisse von AZBB.....	40
Abbildung 29: Messergebnisse von PZBB.....	40
Abbildung 30: Messergebnisse von sFzSt.....	41
Abbildung 31: Messergebnisse von vFzSt.....	41

Ergebnisse der Pearson-Korrelationsanalyse zu t_1		
Messwert	n	Pearson-Korrelationskoeffizient
SNA	31	0,958
SNB	31	0,963
ANB	31	0,958
Wits-Wert	31	0,909
NL/NSL	31	0,909
ML/NL	31	0,938
ML/NSL	31	0,954
arGoMe	31	0,965
OK1/NL	31	0,963
UK1/ML	31	0,969
NW	31	0,879
Ls-EL	31	0,954
Li-EL	31	0,968
AZBB	31	0,959
PZBB	26	0,979
sFzSt	33	0,755
vFzSt	33	0,918

Tabelle 22: Pearson-Korrelationskoeffizient von Zeitpunkt t_1

Ergebnisse der Pearson-Korrelationsanalyse zu t_2		
Messwert	n	Pearson-Korrelationskoeffizient
SNA	33	0,958
SNB	33	0,967
ANB	33	0,982
Wits-Wert	33	0,909

NL/NSL	33	0,912
ML/NL	33	0,965
ML/NSL	33	0,983
arGoMe	33	0,976
OK1/NL	33	0,939
UK1/ML	33	0,935
NW	33	0,852
Ls-EL	33	0,957
Li-EL	33	0,972
AZBB	29	0,871
PZBB	29	0,967
sFzSt	32	0,908
vFzSt	32	0,863

Tabelle 23: Pearson-Korrelationskoeffizient von Zeitpunkt t_2

Maß der Übereinstimmung nach Kappa zu t_1		
Messwert	n	Maß der Übereinstimmung nach Kappa
Lippenstufe	33	0,827
Beziehung Stirn-Kinn	33	0,796
Beziehung Stirn-Subnasale Kinn	33	0,750
Supramentalfalte	33	1,000
Gesichtsdrittellung	33	0,748

Tabelle 24: Maß der Übereinstimmung nach Kappa von Zeitpunkt t_1

Maß der Übereinstimmung nach Kappa zu t_2		
Messwert	n	Maß der Übereinstimmung nach Kappa
Lippenstufe	33	0,871
Beziehung Stirn-Kinn	33	0,743
Beziehung Stirn-Subnasale Kinn	33	1,000
Supramentalfalte	33	0,886
Gesichtsdrittelung	33	0,800

Tabelle 25: Maß der Übereinstimmung nach Kappa von Zeitpunkt t_2

Ergebnisse des Shapiro-Wilk Tests			
Messwert	Gruppe	n	Signifikanz
Δ_{t2-t1} SNA	1	19	0,229
Δ_{t2-t1} SNA	2	12	0,442
Δ_{t2-t1} SNB	1	19	0,982
Δ_{t2-t1} SNB	2	12	0,033
Δ_{t2-t1} ANB	1	19	0,011
Δ_{t2-t1} ANB	2	12	0,997
Δ_{t2-t1} Wits-Wert	1	19	0,081
Δ_{t2-t1} Wits-Wert	2	12	0,700
Δ_{t2-t1} NL/NSL	1	19	0,987
Δ_{t2-t1} NL/NSL	2	12	0,116
Δ_{t2-t1} ML/NL	1	19	0,453
Δ_{t2-t1} ML/NL	2	12	0,047
Δ_{t2-t1} ML/NSL	1	19	0,396
Δ_{t2-t1} ML/NSL	2	12	0,120
Δ_{t2-t1} OK1/NL	1	19	0,199
Δ_{t2-t1} OK1/NL	2	12	0,365

Δ_{t2-t1} UK1/ML	1	19	0,183
Δ_{t2-t1} UK1/ML	2	12	0,642
Δ_{t2-t1} arGoMe	1	19	0,935
Δ_{t2-t1} arGoMe	2	12	0,679
Δ_{t2-t1} NW	1	19	0,651
Δ_{t2-t1} NW	2	12	0,005
Δ_{t2-t1} Ls-EL	1	19	0,136
Δ_{t2-t1} Ls-EL	2	12	0,063
Δ_{t2-t1} Li-EL	1	19	0,308
Δ_{t2-t1} Li-EL	2	12	0,194
Δ_{t2-t1} AZBB	1	20	0,866
Δ_{t2-t1} AZBB	2	8	0,549
Δ_{t2-t1} PZBB	1	14	0,284
Δ_{t2-t1} PZBB	2	12	0,927
Δ_{t2-t1} sFzSt	1	20	0,694
Δ_{t2-t1} sFzSt	2	12	0,188
Δ_{t2-t1} vFzSt	1	20	0,948
Δ_{t2-t1} vFzSt	2	11	0,867

Tabelle 26: Shapiro-Wilk Test

Ergebnisse des t-Tests für unverbundene Stichproben					
Messwert	Gruppe	n	Signifikanz	Mittelwert [°]	Standardabweichung [°]
Δ_{t2-t1} SNA	1	19	0,130	0,81	2,33
	2	12		1,99	1,52
Δ_{t2-t1} NL/NSL	1	19	0,106	-0,94	1,96
	2	12		0,25	1,87

Δ_{t2-t1} ML/NSL	1	19	0,234	0,58	1,86
	2	12		-0,28	2,00
Δ_{t2-t1} arGoMe	1	19	0,591	0,66	3,26
	2	12		-0,04	3,92
Δ_{t2-t1} OK1/NL	1	19	0,138	4,38	5,48
	2	12		1,18	6,02
Δ_{t2-t1} UK1/ML	1	19	0,010	-4,78	6,08
	2	12		1,24	5,56
Messwert	Gruppe	n	Signifikanz	Mittelwert [mm]	Standardabweichung [mm]
Δ_{t2-t1} Wits-Wert	1	19	0,285	2,32	2,24
	2	12		1,43	2,16
Δ_{t2-t1} Ls-EL	1	19	0,005	1,05	1,92
	2	12		-1,17	2,08
Δ_{t2-t1} Li-EL	1	19	0,001	0,53	1,47
	2	12		-1,75	2,09
Δ_{t2-t1} AZBB	1	20	0,008	1,96	1,77
	2	8		-0,31	2,15
Δ_{t2-t1} PZBB	1	14	0,029	3,70	2,31
	2	12		0,87	3,81
Δ_{t2-t1} sFzSt	1	20	0,010	3,80	1,96
	2	12		1,79	2,04
Δ_{t2-t1} vFzSt	1	20	0,832	0,16	1,94
	2	11		0,30	1,29

Tabelle 27: t-Test für unverbundene Stichproben

Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests						
Messwert	Gruppe	n	Signifikanz	Mittelwert [°]	Standardabweichung [°]	Median [°]
Δ_{t2-t1} SNB	1	19	0,02	-0,61	1,52	-0,70
	2	12		0,79	1,34	1,00
Δ_{t2-t1} ANB	1	19	0,346	1,42	1,68	1,80
	2	12		1,21	1,32	1,20
Δ_{t2-t1} ML/NL	1	19	0,005	1,45	1,67	1,20
	2	12		-0,83	1,93	0,00
Δ_{t2-t1} NW	1	19	0,130	-2,58	6,23	-3,00
	2	12		5,78	16,60	1,00

Tabelle 28: Mann-Whitney-U-Test

Ergebnisse des t-Tests bei abhängigen Stichproben in Gruppe 1							
Messwert	n _{t1}	n _{t2}	Mittelwert t ₁ [°]	Mittelwert t ₂ [°]	Standardabweichung t ₁ [°]	Standardabweichung t ₂ [°]	Signifikanz
SNA	19	21	79,81	81,06	3,37	4,21	0,149
SNB	19	21	79,54	78,86	2,58	2,80	0,100
NL/NSL	19	21	6,72	5,97	3,09	3,68	0,052
ML/NL	19	21	26,57	28,51	4,18	4,25	0,001
ML/NSL	19	21	33,28	34,52	4,03	4,75	0,188
arGoMe	19	21	127,60	128,73	5,73	6,16	0,386
OK1/NL	19	21	103,96	108,34	8,40	5,62	0,003
UK1/ML	19	21	87,52	82,45	8,15	7,36	0,003
NW	19	21	108,89	106,67	9,88	10,53	0,088

Messwert	n t ₁	n t ₂	Mittelwert t ₁ [mm]	Mittelwert t ₂ [mm]	Stan- dardabweichung t ₁ [mm]	Stan- dardabweichung t ₂ [mm]	Signifi- kanz
Wits-Wert	19	21	-4,67	-2,46	1,60	2,89	<0,001
Ls-EL	19	21	-2,30	-0,80	2,45	2,40	0,029
Li-EL	19	21	-0,20	0,50	2,35	2,46	0,135
AZBB	20	20	34,49	36,45	2,17	1,89	<0,001
PZBB	14	17	42,60	46,25	2,20	1,60	<0,001
sFzSt	21	20	-1,37	2,46	1,58	1,39	<0,001
vFzSt	21	20	0,64	0,74	1,07	1,61	0,717

Tabelle 29: t-Test abhängiger Stichproben Gruppe 1

Ergebnisse des Wilcoxon-Tests in Gruppe 1							
Messwert	n t ₁	n t ₂	Mittelwert t ₁ [°]	Mittelwert t ₂ [°]	Stan- dardabweichung t ₁ [°]	Stan- dardabweichung t ₂ [°]	Signifi- kanz
ANB	19	21	0,26	2,20	2,57	3,13	0,005

Tabelle 30: Wilcoxon-Test Gruppe 1

Ergebnisse des t-Tests bei abhängigen Stichproben in Gruppe 2							
Messwert	n t ₁	n t ₂	Mittelwert t ₁ [°]	Mittelwert t ₂ [°]	Stan- dardabweichung t ₁ [°]	Stan- dardabweichung t ₂ [°]	Signifi- kanz
SNA	12	12	79,77	81,76	3,85	3,796	< 0,001
ANB	12	12	-1,61	-0,4	1,38	1,40	0,009
NL/NSL	12	12	6,35	6,60	2,76	3,21	0,652
ML/NSL	12	12	31,63	31,36	4,91	5,34	0,643
arGoMe	12	12	125,90	125,86	4,84	6,20	0,971

OK1/NL	12	12	111,62	112,79	5,82	8,46	0,513
UK1/ML	12	12	85,51	86,75	7,27	7,27	0,456
Messwert	n t ₁	n t ₂	Mittelwert t ₁ [mm]	Mittelwert t ₂ [mm]	Stan- dardabweichung t ₁ [mm]	Stan- dardabweichung t ₂ [mm]	Signifi- kanz
Wits-Wert	12	12	-5,14	-3,71	1,44	2,07	0,042
Ls-EL	12	12	-4,08	-5,25	2,58	3,52	0,078
Li-EL	12	12	-1,25	-3,00	2,53	3,38	0,015
AZBB	11	9	36,25	37,16	2,82	1,76	0,694
PZBB	12	12	46,92	47,78	2,73	2,80	0,448
sFzSt	12	12	-1,08	0,71	1,35	2,50	0,011
vFzSt	11	12	1,45	1,53	2,73	2,35	0,459

Tabelle 31: t-Test abhängiger Stichproben Gruppe 2

Ergebnisse des Wilcoxon-Tests in Gruppe 2						
Messwert	n	Mittelwert t ₁ [°]	Mittelwert t ₂ [°]	Standardab- weichung t ₁ [°]	Standardab- weichung t ₂ [°]	Signifikanz
SNB	12	81,36	82,15	3,75	4,14	0,084
ML/NL	12	25,60	24,77	3,15	4,36	0,326
NW	12	98,48	104,26	15,02	10,94	0,350

Tabelle 32: Wilcoxon-Test Gruppe 2

Ergebnisse des McNemar-(Bowker)-Tests in Gruppe 1		
Messwert	n	Signifikanz
Beziehung Stirn-Kinn	21	1,000
Gesichtsdrittelung	21	0,180
Lippenstufe	21	0,030
Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn	21	0,375
Supramentalfalte	21	0,500

Tabelle 33: McNemar-(Bowker)-Test Gruppe 1

Ergebnisse des McNemar-(Bowker)-Tests in Gruppe 2		
Messwert	n	Signifikanz
Beziehung Stirn-Kinn	12	0,050
Gesichtsdrittelung	12	0,846
Lippenstufe	12	0,607
Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn	12	1,000
Supramentalfalte	12	0,157

Tabelle 34: McNemar-(Bowker)-Test Gruppe 2

Ergebnisse des Exakten Tests nach Fisher-Freeman-Halton			
Messwert	n	n	Signifikanz
	Gruppe 1	Gruppe 2	
Beziehung Stirn-Kinn	21	12	0,035
Gesichtsdrittelung	21	12	0,542
Lippenstufe	21	12	0,226
Beziehung Stirn-Subnasale-Kinn	21	12	0,452
Supramentalfalte	21	12	0,610

Tabelle 35: Exakter Test nach Fisher-Freeman-Halton