

Aus der Klinik für Kieferorthopädie
Klinische Medizin der Medizinischen Fakultät
Der Universität des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Professor Dr. Jörg Lisson

**Zur Notwendigkeit der Le-Fort-I-Osteotomie
bei Patienten mit ein- und beiderseitigen
Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten**

**Dissertation zur Erlangung des
Grades eines Doktors der Zahnheilkunde**
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2013

vorgelegt von Tina Raab
geboren am 04.01.1982 in St. Wendel

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung	3
2. Einleitung	5
Einführung	5
2.1 Physiologische Entwicklung des Gaumens	6
2.2 Ätiologie und Genese der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten	6
2.3 Morphologie der ein- und beidseitigen vollständigen Lippen- Kiefer-Gaumen-Spalten	8
2.4 Interdisziplinäres Konzept zur Rehabilitation der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten	8
2.5 Ätiologie der Wachstumshemmung des Mittelgesichtes von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten	13
2.6 Indikation der Le Fort I Osteotomie bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten nach kieferorthopädischer Behandlung	14
3. Patienten und Methode	15
3.1 Patienten	15
3.2 Befunderhebung	15
3.2.1 Modellauswertung	15
3.2.2 Fernröntgenseitenbildauswertung	19
3.3 Definition der maxillären Mikrognathie	23
3.4 Statistische Auswertung	23
3.5 Fehlerbestimmung	25
4. Ergebnisse	26
4.1 Patienten	26
4.2 Modellauswertung	26
4.2.1 Veränderungen der sagittalen Frontzahnstufe	26
4.2.2 Veränderungen der transversalen Zahnbogenbreite	27
4.2.3 Veränderungen der vertikalen Frontzahnstufe	31
4.3 Fernröntgenseitenbildauswertung	32
4.3.1 Veränderungen in der Sagittalen	32
4.3.2 Veränderungen in der Vertikalen	35
4.3.3 Dentale Veränderungen	36
4.4 Korrelationen	38
5. Diskussion	41
5.1 Patienten	41
5.2 Methode	41
5.3 Ergebnisse	42
5.3.1 Modellauswertung	42
5.3.1.1 Veränderungen der sagittalen Frontzahnstufe	42
5.3.1.2 Veränderungen der transversalen Zahnbogenbreite	43
5.3.1.3 Veränderungen der vertikalen Frontzahnstufe	43
5.3.2 Fernröntgenseitenbildauswertung	44
5.3.2.1 Die Veränderungen in der Sagittalen	44
5.3.2.2 Die Veränderungen in der Vertikalen	45
5.3.2.3 Dentale Veränderungen	46
5.3.3 Korrelationen	46
6. Schlussfolgerung	48
7. Literaturverzeichnis	49
8. Danksagung	54
9. Publikationen	55

1.Zusammenfassung

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, die Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie bei Patienten mit vollständigen ein- oder beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten auf der Grundlage der Behandlungsergebnisse des Universitätsklinikums des Saarlandes (Homburger Konzept) zu analysieren.

Es wurden Modellpaare und Fernröntgenseitenbilder von 29 Patienten mit einseitigen und 11 Patienten mit beiderseitigen vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten nachuntersucht. Hierzu wurden drei Behandlungszeitpunkte ausgewählt: T1 im Alter von $10 \pm 1,5$, T2 im Alter von $15 \pm 1,1$ sowie T3 im Alter von $18 \pm 1,5$ Jahren.

Analysiert wurden Veränderungen von Winkeln und Strecken in der Sagittalen, der Transversalen und in der Vertikalen sowie Korrelationen zwischen einzelnen Parametern der Modell- und Fernröntgenseitenbildanalyse.

Die Statistik beinhaltete zweiseitige t-Tests für verbundene Stichproben, Korrelationen wurden mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson sowie dem Chi-Quadrat-Test untersucht, wobei die statistische Analyse mit Hilfe der Software SPSS® Version 19.0 für Windows durchgeführt wurde. Die Signifikanzniveaus wurden mit $p < 0,05$, $p < 0,01$ und $p < 0,001$ festgelegt.

In der Sagittalen wurde der Winkel SNA zwischen dem Zeitpunkt T1 und T2 um $2,5^\circ \pm 3,40^\circ$ höchst signifikant ($p < 0,001$) kleiner. Der Winkel ANB zeigt eine höchst signifikante ($p < 0,001$) Verkleinerung zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 ($-3,49^\circ \pm 2,46^\circ$) sowie zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 ($-4,85 \pm 3,29$). Der Wits-Wert wurde zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 ($-3,48\text{mm} \pm 3,85\text{mm}$) sowie T1 und T3 ($-4,89\text{mm} \pm 3,67\text{mm}$) höchst signifikant ($p < 0,001$) kleiner. Der dentale Parameter OK1/NL weist eine höchst signifikante ($p < 0,001$) Vergrößerung zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T2 ($10,56^\circ \pm 9,99^\circ$) sowie zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 ($11,41^\circ \pm 11,20^\circ$) auf.

Bei Korrelation der einzelnen untersuchten Parametern zeigte sich eine höchst signifikante positive Korrelation ($p < 0,001$) zwischen dem Winkel SNA und dem Wits-Wert zum Zeitpunkt T2 ($Kk=0,619$) sowie eine höchst signifikante negative Korrelation ($p < 0,001$) zwischen SNA und NL/NSL zu den Zeitpunkten T1 (Korrelationskoeffizient = $-0,599$) und T2 (Korrelationskoeffizient = $-0,663$).

Ein Zusammenhang zwischen der Notwendigkeit einer Le Fort I Osteotomie mit dem Geschlecht der Patienten, der Anzahl der Primär- und Sekundäroperationen sowie der Art der Spalte (vollständig ein- oder beiderseitig) konnte nicht festgestellt werden.

2. Einleitung

Einführung

Der Verschluss von Lippen- und Gaumenspalten beeinflusst durch Narbenzüge nach plastischer Deckung der Spalte das Wachstum des Gesichtsschädels sowie die Gebissentwicklung (Hausamen und Tränkmann, 1986; Lisson, 1997; Jacobs, 1977).

Eine Vielzahl von Studien hat sich bereits mit den Veränderungen des Schädelwachstums und der Gebissentwicklung, ebenso wie mit der Häufigkeit der Le Fort I Osteotomie bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten beschäftigt (Friede et al., 1998; Lisson, 1999; Rosenstein et al., 2003; Good, 2007).

Durch die Bildung eines interdisziplinären Konzepts gelingt es, Patienten mit Lippen –Kiefer-Gaumen-Spalten vollständig zu rehabilitieren. Die prä- und postoperative kieferorthopädische Therapie der Patienten dient der Unterstützung, Überwachung und Steuerung des Oberkieferwachstums sowie der Gebissentwicklung. Trotz dieses koordinierten Behandlungsablaufes kann es in individuellen Fällen notwendig sein nach Abschluss des Wachstums eine Umstellungsosteotomie eines oder beider Kiefer durchzuführen, um die skelettalen Voraussetzungen zu schaffen, eine eugnathe Okklusion zu erreichen.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Notwendigkeit einer zusätzlichen Le Fort I Osteotomie nach Abschluss der primären kieferorthopädisch- kieferchirurgischen Rehabilitation bei Patienten mit ein- oder beiderseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte nach vollständigem Abschluss des Schädelwachstums und der Gebissentwicklung zu analysieren. Die ebenfalls mitunter durchgeführte Umstellungsosteotomie des Unterkiefers findet bei dieser Arbeit keine Berücksichtigung.

Vor der Erläuterung der Methode soll ein Überblick über Ätiologie und Genese der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten sowie der Ätiologie der Wachstumshemmung des Mittelgesichtes mit allgemeiner Indikation der Le Fort I Osteotomie gegeben werden.

2.1 Physiologische Entwicklung des Gaumens

Der primäre Gaumen entsteht im Laufe der 6. Entwicklungswoche. Die medialen Nasenwülste und Oberkieferwülste wachsen aufeinander zu, es entsteht eine epitheliale Verbindung, die Hochstettersche Epithelmauer. Diese Epithelmauer wird schon kurz nach ihrer Entstehung von Bindegewebe durchsetzt. Nur dorsal bleibt ein Rest vorhanden, der als Membrana buconasalis kurzzeitig Nasenöffnung und Stomodeum trennt (Moore et al., 1996).

Der sekundäre Gaumen entwickelt sich zum Ende der 7. Woche, wobei noch ein gemeinsamer Mund- und Nasenraum vorhanden ist. Erst wenn die Zunge den Nasenraum nach kaudal verlässt, richten sich die beiden Gaumenleisten auf und wachsen in der Medianlinie reißverschlussartig von anterior nach posterior zusammen. Gleichzeitig erfolgt die Vereinigung mit primärem Gaumen und Nasenseptum. Am Ende der 9. Woche ist die Bildung des sekundären Gaumens intrauterin abgeschlossen, die Trennung von Mund- und Nasenhöhle ist erfolgt (Moore et al., 1996; Hanke, 2008).

2.2 Ätiologie und Genese der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Die Ätiologie von Fehlbildungen ist bis zum heutigen Tag nicht zweifelsfrei geklärt. Als Ursachen werden genetische Prädisposition und exogen erzeugte Fehlbildungen diskutiert. Bei Zwillingsuntersuchungen konnte eine dominierende Rolle der Erbfaktoren bei der Spaltentstehung bewiesen werden (Markowic ,1989; Fogh-Andersen, 1993). Nach neueren Untersuchungen wird klar, dass die Fehlbildung Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte heterogen ist und die Gene auf unterschiedlichen Chromosomen liegen (Carnici, 2000), die bisher allerdings nicht klar eingegrenzt werden können. In einer Studie von Mangold et al. (2009) konnte erwiesen werden, dass fast die Hälfte aller Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, die nicht im Rahmen anderer Syndrome auftreten, auf eine Genvariante auf dem langen Arm des Chromosoms 8q24 zurückzuführen ist. Ebenso können exogene Faktoren Ursache für die Entstehung einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte sein. Auslösende Faktoren können unter anderem Alkohol- und Nikotinabusus, Rötelnembryopathie, Diabetes mellitus, Vitaminmangel und andere äußere Einflüsse sein (Christensen, 2007). Weiterhin ist bekannt, dass alleine die Ausschaltung exogener Störfaktoren keine Präventivmaßnahme darstellt, sondern vielmehr eine familiäre Häufung bei der betroffenen Bevölkerung auftritt (Curtis, 1961; Jörgensen, 1969).

Entstehen während der physiologischen Entwicklung des primären und sekundären Gaumens Störungen, so entstehen Spalten unterschiedlicher Ausprägung (Tammoscheit, 1986).

Bei Fehlbildungen des primären Gaumens entstehen Lippen- und Lippen-Kiefer-Spalten (Töndury, 1955 und 1976; Starck, 1975). Unterbleibt die Verschmelzung von medialem Nasenwulst und Oberkieferwülsten, so dass sich keine Epithelmauer und in der Folge keine bindegewebige Verwachsung ausbilden kann, so spricht man von einer primären Spaltbildung. Entsteht zunächst die Epithelmauer, erfolgt aber keine bindegewebige Verwachsung, so reißt die Epithelmauer im weiteren Verlauf des Gesichtswachstums wieder auf. Es folgt die Trennung des Epithels beziehungsweise der Wülste und führt zu partiellen oder totalen Lippen-Kiefer-Spalten. Diese Erscheinungsform wird als sekundäre Spaltbildung bezeichnet (Schulze, 1993).

Eine gestörte Entwicklung des sekundären Gaumens führt zu Gaumenspalten. Die Vereinigung der Gaumenfortsätze, die unter physiologischen Bedingungen von anterior nach posterior fortschreitet, unterbleibt. Daraus resultieren die unterschiedlichen Ausprägungsgrade der Gaumenspalten, die von der Uvula bifida bis zur durchgehenden Gaumenspalte des harten und weichen Gaumens reichen. Fehlbildungen des primären und sekundären Gaumens müssen getrennt voneinander betrachtet werden, da ihre Pathogenese voneinander zu unterscheiden ist. Beide Erscheinungsformen können aber auch kombiniert auftreten, es entsteht eine vollständige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte, die sowohl einseitig, als auch beiderseitig auftreten kann (Schulze, 1993). Die Häufigkeit des Zusammentreffens einer Lippen-Kiefer-Spalte und Gaumenspalte beim gleichen Individuum ist dabei wesentlich größer, als das bei rein zufälligem Zusammentreffen verschiedenartiger Fehlbildungen der Fall wäre. In diesem Fall ist der Zeitpunkt der Entwicklung einer Lippen-Kiefer-Spalte von Bedeutung. Je früher diese Fehlentwicklung auftritt, umso häufiger folgt eine Gaumenspalte, da Septum und Gaumenfortsätze nicht mehr zusammentreffen können (Pfeifer, 1966).

2.3 Morphologie der ein- und beidseitigen vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Einseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten teilen sowohl rechte oder linke Lippe, als auch den gesamten Kiefer mit hartem und weichem Gaumen (Diedrich, 2002). Dabei ist die linke Seite etwa doppelt so häufig betroffen wie die rechte (Shapira et al., 1999).

Unterteilt werden ein großes und ein kleines Segment. Das große Segment und die Nasenscheidewand sind miteinander fixiert und meist nach lateral außen rotiert, das kleine Segment steht dorsal davon. Es besteht eine große gemeinsame Mund- und Nasenhöhle.

Bei beiderseitigen vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten entstehen drei Kieferanteile: Die beiden lateralen Anteile sind symmetrisch angeordnet und gleich groß, der mediale Anteil ist mit der Nasenscheidewand verbunden, vom übrigen Kiefer isoliert und beweglich.

2.4 Interdisziplinäres Konzept zur Rehabilitation der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Die Rehabilitation von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten erstreckt sich von der Geburt bis zum Zeitpunkt des Wachstumsabschlusses und setzt eine Therapie im interdisziplinären Verbund voraus. Eine umfassende und individuelle Behandlung im jeweiligen Behandlungszentrum erfordert die koordinierte Zusammenarbeit folgender medizinischer Fachdisziplinen (Wiesinger und Hausamen, 1983):

- 1) Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie
- 2) Kieferorthopädie
- 3) Phoniatrie und Pädaudiologie
- 4) Logopädie
- 5) Prothetik
- 6) Gegebenenfalls Pädiatrie und Psychologie

Das Ziel der Therapie bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ist ein optimales ästhetisches und funktionelles Behandlungsergebnis. Eine vollständige Beurteilung eines optimalen Therapieerfolges kann dabei erst im frühen Erwachsenenalter nach Abschluss des Schädelwachstums und der Gebissentwicklung vorgenommen werden. Zu diesem Zeitpunkt sind die Auswirkungen der Frühbehandlung auf Ästhetik, Funktion und Wachstum zu

bewerten (Hausamen, 1986 und 2003). Im Folgenden sollen die therapeutischen Maßnahmen der einzelnen medizinischen Fachgebiete, angelehnt an das Homburger Konzept, dargestellt werden:

1. Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie

Das Ziel der chirurgischen Behandlung von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ist die Wiederherstellung von normalen anatomischen Verhältnissen ohne funktionelle Störungen (Hausamen, 1986).

Die operative Behandlung beginnt im Alter von 6 Monaten mit der plastischen Deckung der Lippe. Ein früherer Operationszeitpunkt sollte nicht gewählt werden, da in den ersten sechs Lebensmonaten das Kieferwachstum sehr ausgeprägt ist und nicht durch chirurgische Maßnahmen beeinflusst werden sollte.

Bei einseitigen Lippenspalten wird dabei die Z- Schnittführung nach Tennison- Randall angewendet um eine symmetrische Lippenform zu erreichen. Bei beiderseitigen Lippenspalten wird eine gerade Schnittführung nach Veau- Manchester durchgeführt. Liegt zusätzlich zur Lippenspalte eine Gaumenspalte vor, so wird im Rahmen der Primäroperation der Lippe gleichzeitig der Hartgaumenverschluss nach Pichler durchgeführt. Hier wird ein oben gestielter Vomerlappen für einen einschichtigen Verschluss mobilisiert.

Der Verschluss des weichen Gaumens erfolgt im Abstand von 4 bis 6 Monaten mit Hilfe einer Stiellappenplastik nach Veau und intravelarer Muskelplastik nach Kriens. Dabei erfolgt gleichzeitig eine Rückverlagerung des weichen Gaumens um durch den Abschluss zum Nasenrachenraum ein normales Sprechen zu ermöglichen. Hier wiederum unterscheidet sich das Vorgehen der verschiedenen Behandlungszentren hinsichtlich der Operationszeitpunkte beträchtlich.

Zur Erzielung einer guten Sprachentwicklung sollte einerseits der Gaumen möglichst früh geschlossen werden, andererseits müsste bei zu frühem Gaumenverschluss mit einer Wachstumshemmung im Oberkiefer sowie einer sagittalen Verkürzung des Oberkiefer durch entstehende Narbenzüge gerechnet werden (Hausamen, 1986).

Korrigierende Sekundäroperationen der Nase oder sprachverbessernde Operationen können notwendig sein und werden in der Regel vor der Einschulung des Patienten vorgenommen.

Dysgnathieoperationen bei maxillärer Mikro- beziehungsweise Retrognathie finden ausschließlich nach vollständigem Wachstumsabschluss statt.

Unabhängig von Operationen werden die Patienten einmal jährlich im Behandlungszentrum untersucht (Hausamen, 1986; Hausamen und Tränkmann, 1986).

2. Kieferorthopädie

Die präoperative kieferorthopädische Behandlung erfolgt vor der Lippenplastik, dabei wird dem Säugling kurz nach Geburt eine Gaumenplatte ohne aktive Elemente eingesetzt. Diese dient der Änderung der Zungenposition aus der Nasen- in die Mundhöhle und dem Aufrichten der Kiefersegmente, welches durch schrittweises Einschleifen des Plattenkörpers erreicht wird. Während der Therapie ist darauf zu achten, dass sich großes und kleines Spaltsegment nicht überlappen. Im Bereich des Alveolarkammes sollten sich beide Segmente berühren, damit die anschließende Lippenplastik unter geringer Mobilisierung des Weichgewebes vom Hartgewebe durchgeführt werden kann.

Bei beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten wird mit Hilfe der Gaumenplatte der anteinklinierte mediale Spaltanteil retrudiert um zwischen die beiden lateralen Anteile eingeordnet werden zu können. Dabei ist es meist notwendig die beiden lateralen Segmente in transversaler Richtung voneinander zu trennen (Tränkmann, 1986). Durch die Gaumenplatte werden weiterhin Mund- und Nasenhöhle voneinander getrennt, Nasenatmung sowie physiologischer Saug- und Schluckakt werden ermöglicht. Da sich die Zunge nicht mehr ungehindert in den Spaltbereich einlagern kann, erfolgt ein weiteres ungehindertes Oberkieferwachstum (Hotz, M. 1973 und 1983). Die präoperative kieferorthopädische Behandlung, die von Tränkmann (1986) und Peath (1982) befürwortet wird, wird von anderen Autoren als überflüssig angesehen (Trotman und Ross, 1993; Ross, 1994). Die kieferorthopädische Behandlung mittels Gaumenplatte wird auch nach operativem Lippenverschluss weiter fortgeführt. Dadurch wird die Zunge einerseits nach wie vor aus der Nasenhöhle gehalten, zum anderen stabilisiert die Gaumenplatte die sagittale und transversale Kieferrelation. Mit dem Durchbruch der Zähne der ersten Dentition ist demnach

die Gaumenplatte entsprechend auszuschleifen um einen Durchbruch der Zähne zu ermöglichen.

Werden Okklusionsanomalien beim Durchbruch der Zähne der ersten Dentition diagnostiziert, müssen diese beseitigt werden um eine skelettale Manifestation der dentoalveolären Abweichungen zu verhindern. Häufig werden bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten Zwangsführungen in der ersten Dentition in der Sagittalen und/oder Transversalen beobachtet, die aufgehoben werden müssen (Tränkmann, 1986). Ebenso können typischerweise anteriore und posteriore Kreuzbissbeziehungen entstehen, die gelöst und überstellt werden müssen.

Im frühen und späten Wechselgebiss unterscheidet sich die kieferorthopädische Behandlung nicht grundsätzlich von derjenigen von Patienten ohne Spaltbildung. Bei der Behandlung müssen allerdings zwei Besonderheiten beachtet werden. Dies betrifft vor allem Anomalien der Zahnzahl in Form von Nicht- oder Doppelanlagen des seitlichen Schneidezahnes. Zum anderen besteht im Spaltbereich ein verringertes Knochenangebot, welches das Einordnen spaltständiger Zähne erschwert.

Außerdem muss die sagittale und transversale Kiefergröße kontrolliert werden, da es hier durch Vernachlässigung zu Kreuzbissen im Front- und Seitenzahnbereich kommt und dadurch zu einem nicht ausreichenden Kieferwachstum (Tabelle 1).

Eine skelettale Manifestation dieser Abweichung ist im späteren Behandlungsverlauf auch durch festsitzende Apparaturen nur eingeschränkt therapierbar, was zur Notwendigkeit einer Umstellungsosteotomie führen kann.

Zeitraum	Maßnahme	Gerät
0 bis 6 Monate	Präoperative kieferorthopädische Behandlung	Gaumenplatte ohne aktive Elemente
6 bis 30 Monate	Retention, Trennung von Cavum nasi und Cavum oris	Gaumenplatte
1. Dentition und frühes Wechselgebiss	Überwachung, Hindern von Zwangsführungen in der Sagittalen und Transversalen	Gegebenenfalls kieferorthopädische Behandlung
Spätes Wechselgebiss	Steuern des Zahnwechsels	Herausnehmbare oder festsitzende Apparaturen nach Bedarf
2. Dentition	Zahnstellungskorrekturen	Multibandapparatur

Tabelle 1: Kieferorthopädische Behandlungsmaßnahmen in Abhängigkeit vom Patienten- beziehungsweise Zahnalter bei vollständigen Spaltbildungen (aus Saarländisches Ärzteblatt, Lissou, 03/2005)

3. Phoniatrie und Pädaudiologie

Eine phoniatische und pädaudiologische Untersuchung der Patienten wird während des stationären Aufenthaltes zum chirurgischen Gaumenverschluss durchgeführt, gegebenenfalls werden weitere Therapien veranlasst. Weiterhin wird das Hörvermögen der Patienten bei der jährlichen Kontrolle untersucht.

4. Logopädie

Eine Sprachschulung findet statt, wenn die Sprachentwicklung gestört ist oder nicht altersgerecht fortschreitet.

5. Prothetik

Eine prothetische Versorgung bei Nichtanlage von Zähnen im Spaltbereich ist dann indiziert, wenn durch chirurgische und kieferorthopädische Behandlung ein Lückenschluss nicht erreicht werden kann.

6. Pädiater und Psychologen

Kinder mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten erhalten die gleiche kinderärztliche Betreuung wie Kinder derselben Altersgruppe ohne Spaltbildung. Eine psychologische Betreuung der Spaltpatienten wird wenn notwendig individuell veranlasst.

2.5 Ätiologie der Wachstumshemmung des Mittelgesichtes von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten

Wachstumsstörungen werden bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten zum einen auf Entwicklungsstörungen während der Embryonalzeit, zum anderen auf iatrogene Faktoren zurückgeführt (Jacobs, 1977). Die bei allen operativen Eingriffen entstehenden Narbenzüge führen zu einer Entwicklungseinschränkung des Gesichtsschädels, denen nur durch genaue Kenntnis der Wachstumsphysiologie und ihrer prä- und postoperativen Steuerung entgegengewirkt werden kann (Hausamen, 1986). Die durch den Lippen- und Gaumenverschluss entstehenden Narbenzüge führen zu einer Verminderung der Oberkieferentwicklung in der Sagittalen und Transversalen. Entscheidend für das Oberkieferwachstum ist dabei, dass bei der Lippenplastik auf umfangreiche Vornähungen der Schleimhaut aus der Umschlagfalte und so auf eine große Weichteilmobilisierung verzichtet wird, um einengende Narbenbildungen im anterioren Bereich des Oberkiefers zu vermeiden (Hausamen, 1986). Weiterhin darf der Zeitpunkt des Lippenverschlusses nicht zu frühzeitig gewählt werden, da in den ersten sechs Lebensmonaten das Kieferwachstum sehr ausgeprägt ist. Auch der Zeitpunkt des Verschlusses der Gaumenspalten hat Auswirkungen auf die Kieferentwicklung. Weiterhin hat sich gezeigt, dass die Ablösung des Periosts am harten Gaumen zu einer Wachstumshemmung im Oberkiefer führt.

Verschiedene Studien untersuchten in diesem Zusammenhang die Auswirkungen auf das Wachstum des Mittelgesichtes bei unoperierten Spaltpatienten. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen variieren sehr stark. So konnte bei unoperierten Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ein physiologisches Oberkieferwachstum nachgewiesen werden (Mars und Houston, 1990), andere Studien zeigen bei dieser Patientengruppe, dass auch ohne chirurgische Maßnahmen Wachstumshemmungen des Oberkiefers auftreten (Atherton, 1967; Bishara, 1986). Will (2002) erklärt diese kontroversen Ergebnisse mit einem zu geringen Patientenkollektiv um signifikante Aussagen treffen zu können. Ross (1987a) zeigt, dass bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten eine Wachstumshemmung des Mittelgesichtes durch Lippen- und Gaumenverschluss ausgelöst wird. Ebenso wird darüber diskutiert, welche chirurgische Maßnahme größeren Einfluss auf das Wachstum hat. Bei der Gegenüberstellung von Patientengruppen, die durch Lippen und/ oder Gaumenplastik behandelt wurden kann keine definitive Aussage getroffen werden. Sowohl Patienten, bei denen nur ein Lippenverschluss vorgenommen wurde, als auch Patienten mit Lippen- und Gaumenverschluss zeigen einen retrognathen beziehungsweise mikrognathen Oberkiefer (Capelozza, 1996). Andere Autoren machen alleine die Gaumenplastik verantwortlich für die Oberkieferwachstumshemmung (Ross, 1987a; Liao, 2002)

2.6 Indikation der Le Fort I Osteotomie bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten nach kieferorthopädischer Behandlung

Die Indikation der Le Fort I Osteotomie bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten besteht bei maxillärer Mikro- und/oder Retrognathie, wobei zusätzliche vertikale Abweichungen durch kompensierendes Wachstum des Unterkiefers hinzu kommen können (Hausamen, Tränkmann, 1986). Ist die Dysgnathie nach Wachstumsabschluss so ausgeprägt, dass sich durch alleinige dentale Kompensation keine gesicherte Okklusion einstellen lässt, so ist eine kombiniert kieferorthopädisch- kieferchirurgische Behandlung die Therapie der Wahl (Diedrich, 2002). Ziel der kombinierten Therapie ist die Beseitigung von Okklusions- und Kieferpositionsanomalien sowie ein Ausgleichen der Gesichtsproportionen. Für eine konkrete Indikationsstellung sind intensives Modellstudium und Analyse des Fernröntgenseitenbildes unumgänglich.

Anhand eines dreidimensionalen Modellpaares von Ober- und Unterkiefer können Zahnfehlstellungen und Okklusionsanomalien diagnostiziert werden. Ebenso ist es möglich, im Rahmen des Modellstudiums den chirurgischen Eingriff und so die Ventralverlagerung und wenn nötig eine transversale Erweiterung des Oberkiefers zu simulieren (Hausamen und Tränkmann, 1986).

Die Fernröntgenseitenbildanalyse ermöglicht eine Aussage über die skelettale Dysgnathie in sagittaler und vertikaler Richtung sowie der Gesichts- und Weichteilproportionen. Dadurch können Vorhersagen über postoperative skelettale und weichgewebige Veränderungen sowie deren Auswirkungen auf das Gesichtsprofil getroffen werden.

Die häufigsten Sekundärerscheinungen bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte sind ein konkaves Gesichtsprofil mit entsprechender Nasendeformität und eine Klasse-III-Dysgnathie durch Mikro- und/oder Retrognathie des Oberkiefers, die als Indikation der Le Fort I Osteotomie angesehen wird (Schmelzeisen, 2002).

Die Häufigkeit der Le Fort I Osteotomie steht im Zusammenhang mit dem Spalttyp sowie der damit zusammenhängenden Hemmung des Oberkieferwachstums durch operative Eingriffe (Good, 2007). Nach Ross (1987) müssen sich 25% der männlichen Patienten mit einseitiger, operierter Totalspalte nach Wachstumsabschluss einem chirurgischen Eingriff zur skelettalen Einstellung unterziehen. Allerdings konnte auch gezeigt werden, dass bei Patienten mit bilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte ohne Notwendigkeit einer Le Fort I Osteotomie und unterstützender kieferorthopädischer Behandlung akzeptable Ergebnisse erzielt werden können (Lisson und Tränkmann, 1997).

einer Schieblehre (Beerendonk, Dentaurum 042-750, Pforzheim) mit einer Genauigkeit von 0,1 mm.

Untersuchte Parameter:

Die **sagittale Frontzahnstufe** ist definiert als Distanz der Labialfläche der unteren mittleren Schneidezähne und der Inzisalkante der oberen mittleren Schneidezähne in der Raphe-Median-Ebene. Zur Bestimmung des Messwertes wurde die Messskala am entgegengesetzten Ende der Schieblehre angelegt und der Wert um 0,5mm genau bestimmt. Traten dabei unterschiedliche Werte zwischen rechtem und linkem mittleren Schneidezahn auf, so wurden beide Ergebnisse gemittelt.

Die **vertikale Frontzahnstufe**, der Abstand zwischen den Schneidekanten der oberen und unteren mittleren Schneidezähne in der Raphe-Median-Ebene, wurde ebenfalls mit Hilfe der Schieblehre ermittelt. Dazu wurde jeweils die Länge der Inzisalkante des oberen mittleren Schneidezahnes mit Hilfe eines Mienendruckbleistiftes auf die Labialfläche des Unterkieferschneidezahnes übertragen. Hierbei wurde darauf geachtet, dass der Mienendruckbleistift parallel zur Kauebene ausgerichtet wurde.

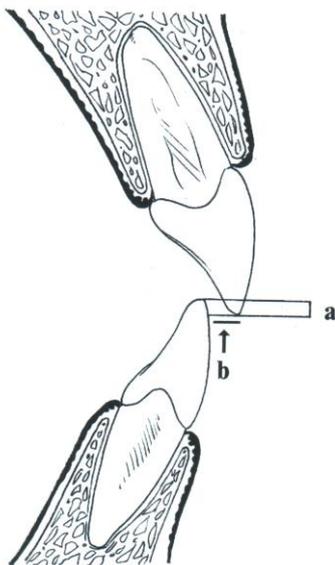


Abbildung 1 (Strub, 2005):
a vertikale Frontzahnstufe
b sagittale Frontzahnstufe

Die **transversale Zahnbogenbreite** wurde mit Hilfe der Schieblehre im anterioren und posterioren Zahnbogensegment ermittelt. Die anteriore Zahnbogenbreite ist definiert als transversaler Abstand zwischen den ersten Prämolaren. Im Oberkiefer wird dabei der Abstand der ersten Prämolaren ausgehend von der Mitte der Fissur gemessen. Im Unterkiefer liegen die Messpunkte am distalen Kontaktpunkt der ersten Prämolaren. Die posteriore Zahnbogenbreite beschreibt den transversalen Abstand der ersten Molaren und wird im Oberkiefer durch Messung der Strecke zwischen der tiefsten Stelle der Hauptfissur oder der vorderen Kreuzung der H-Fissur der ersten Molaren bestimmt. Die Messpunkte im Unterkiefer liegen jeweils an der Spitze des distobukkalen Höckers des ersten Molaren beziehungsweise an der Spitze des mittleren bukkalen Höckers bei fünfhöckrigen Sechsjahrmolaren.

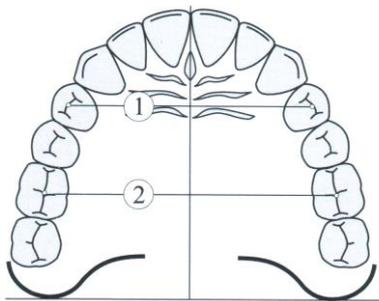


Abbildung 2: Oberkiefer (aus Nötzel, Schultz, 2001)

- 1 anteriore Zahnbogenbreite
- 2 posteriore Zahnbogenbreite

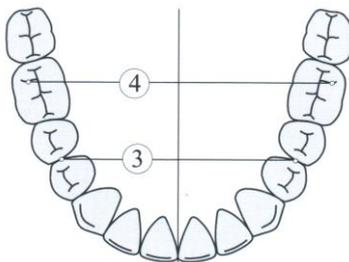


Abbildung 3: Unterkiefer (aus Nötzel, Schultz, 2001)

- 3 anteriore Zahnbogenbreite
- 4 posteriore Zahnbogenbreite

Zur Bestimmung der Summa inzisiva des Oberkiefers (SIOK), der Summe der mesiodistalen Breiten der Inzisiven, wurde mit Hilfe der Schieblehre die größte Breite der klinischen Krone der Inzisiven im approximalen Kontaktpunktbereich parallel zur Inzisalkante ermittelt und deren Summe gebildet. Aus den ermittelten Werten der SIOK wurden anschließend für jeden Patient die Sollwerte für die anteriore und posteriore Zahnbogenbreite aus der Sollwerttabelle nach Pont und Linder/Harth ermittelt.

SIOK	27,0	27,5	28,0	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5	31,0	31,5	32,0	32,5	33,0	33,5	34,0	34,5	35,0	35,5	36,0
LO	16,0	16,3	16,5	16,8	17,0	17,3	17,5	17,8	18,0	18,3	18,5	18,8	19,0	19,3	19,5	19,8	20,0	20,5	21,0
4-4	32,0	32,5	33,0	33,5	34,0	34,5	35,5	36,0	36,5	37,0	37,5	38,2	39,0	39,5	40,0	40,5	41,2	42,0	42,5
6-6	41,5	42,3	43,0	43,8	44,5	45,3	46,0	46,8	47,5	48,5	49,0	50,0	51,0	51,5	52,5	53,0	54,0	54,5	55,5

Abbildung 4: Tabelle nach PONT sowie LINDER und HARTH: Mittelwerte für LO, 4-4 und 6-6 in

Abhängigkeit von SIOK (Universitätsklinikum des Saarlandes, Klinik für Kieferorthopädie, Kieferorthopädischer Befundbogen, 2010)

3.2.2 Fernröntgenseitenbildauswertung

Mit Hilfe der Fernröntgenseitenbildanalyse lassen sich Wachstumsvorhersagen des Gesichtsschädels treffen (Broadbent, 1931; Hofrath, 1931). Um eine möglichst größengetreue Abbildung des Schädels zu erreichen muss hierbei ein entsprechend großer Fokus-Film-Abstand gewählt werden. Der Fokus-Film-Abstand liegt bei etwa 1,5m, so dass sich eine Abbildungsvergrößerung von etwa 7% ergibt (Pasler, 2004).

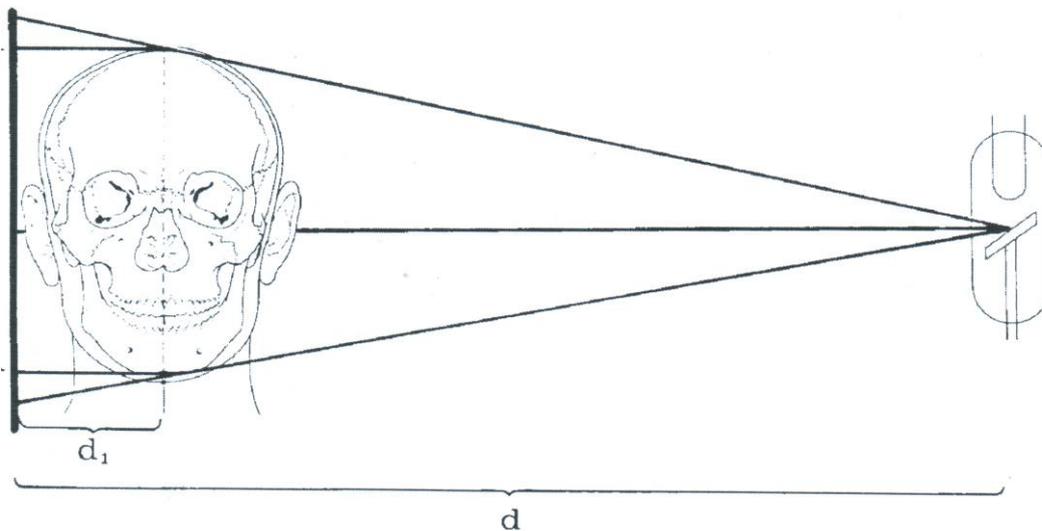


Abbildung 5 Schematische Anordnung einer Fernröntgenseitenaufnahme

(Segner, Hasund, 1998)

d Fokus-Film-Abstand

d1 Objekt-Film-Abstand

Die Fernröntgenseitenbilder wurden mit Hilfe eines Scanners (Epson® Expression 1680; Epson, Deutschland) eingelesen und durch eine Scansoftware (SilverFast Ai® Version 5.52r04; Laser Soft Imaging® AG Kiel) digitalisiert (Betriebssystem Microsoft® Windows XP professional; Microsoft Corporation, USA).

Zur kephalometrischen Analyse der sagittalen und vertikalen Veränderungen wurden folgende 10 Winkel- und Streckenmessungen durchgeführt:

- SNA
- arA
- ANB
- Wits – Wert

- NL/NSL
- ML/NSL
- ML/NL
- OK-1/NL

Um diese Winkel- und Streckenmessungen vornehmen zu können wurden im Fernröntgenseitenbild folgende anatomische Strukturen markiert:

Sella (S)	Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica
Nasion (N)	Anteriorster Punkt der Sutura nasofrontalis
A- Punkt	Am weitesten dorsal gelegener Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefer Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittalebene
B-Punkt	Am weitesten dorsal gelegener Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefer Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittalebene
Artikulare (ar)	Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae
Spina nasalis anterior (Spa)	Am weitesten anterior gelegener Punkt der knöchernen Spina nasalis anterior.
Spina nasalis posterior (Spp)	Dorsale Begrenzung des harten Gaumens
Menton (Me)	Kaudalster Punkt der Unterkiefersymphyse in der Median-Sagittalebene
Basion (Ba)	Am weitesten posterior und kaudal gelegener Punkt des Clivus in der Median-Sagittalebene
Gonion (Go)	Schnittpunkt der Mandibularlinie mit der Ramuslinie
Tangentenpunkt (T1)	Punkt an der posterioren oberen Wölbung des Kieferwinkels, ausgehend vom Artikulare
Tangentenpunkt (T2)	Punkt an der posterioren unteren Wölbung des Kieferwinkels, ausgehend vom Menton
Inzisale superius (Is)	Inzisalkante der übereinander projizierten mittleren Oberkiefer-Schneidezähne
Inzisale inferius (Ii)	Inzisalkante der übereinander projizierten Unterkiefer-Schneidezähne
Apikale superius (As)	Apikalster Punkt der übereinander projizierten Wurzeln der Oberkiefer-Schneidezähne

Die Messpunkte wurden digital mit Hilfe der Onyx-Ceph Software Version 2.7.19 (Image Instruments, Chemnitz, Deutschland) angelegt, die angegebene Strecken- und Winkelmessung wurde computergestützt mit genannter Software vorgenommen.

Bei der Analyse der Fernröntgenseitenaufnahme wurden dabei folgende Winkel und Strecken gemessen:

Sagittale Beziehungen des Gesichtsschädelaufbaus:

SNA	Position der Maxilla in der Sagittalen in Relation zur anterioren Schädelbasis
SNB	Position der Mandibula in der Sagittalen in Relation zur anterioren Schädelbasis
ANB	Sagittale Position der Maxilla in Relation zur Mandibula
arA	Länge des Oberkiefers

Vertikale Parameter der Wachstumsrichtung und des Gesichtsprofil:

NL/NSL	Neigung der Maxilla in Relation zur anterioren Schädelbasis
ML/NSL	Neigung der Mandibula in Relation zur anterioren Schädelbasis
ML/NL	Kieferbasiswinkel, beschreibt die vertikale basale Relation bzw. die Divergenz der Kieferbasen

Neigung der Schneidezähne zur Kieferbasis:

OK-1/NL	Neigung der Oberkiefer-Schneidezähne in Relation zur Oberkieferbasis.
----------------	---

Wits-Index:

Der Wits-Index ist ein Maß für die Lagebeziehung von Oberkiefer zu Unterkiefer in anteroposteriorer Richtung. Zur Bestimmung dienen Senkrechten vom A-Punkt und B-Punkt auf die Okklusionsebene. Die Okklusionsebene verläuft dabei im anterioren Bereich durch die Hälfte des Abstandes zwischen I_s und I_i und im posterioren Bereich durch die Halbierende des Abstandes zwischen mesiobukkalem Höcker des oberen und unteren ersten Molaren. Die Bestimmung des Wits-Index ermöglicht die skelettale Klassifizierung der basalen Kieferrelation.

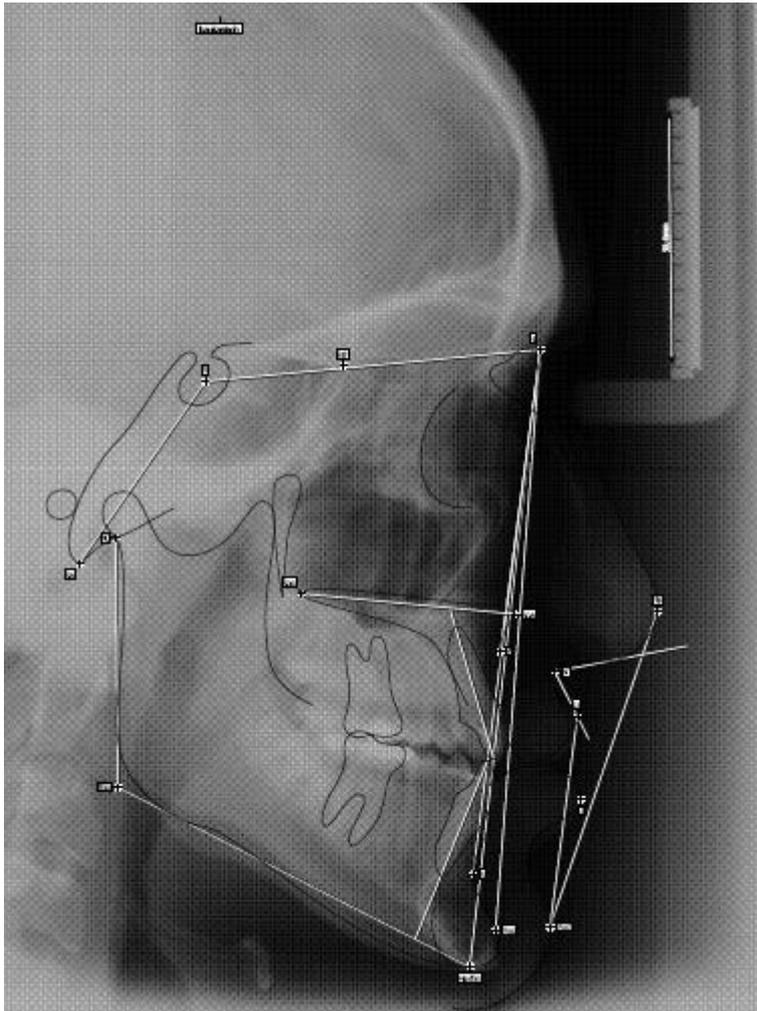


Abbildung 6: Darstellung der untersuchten Parameter im Fernröntgenseitenbild

3.3 Definition der maxillären Mikrognathie

Zur Bestimmung des maxillären Wachstumsdefizits wurden folgende Definitionen angewandt:

- Eine negative sagittale Frontzahnstufe von mehr als -2mm (bei mittelwertigem UK1/ML).
- Eine Abweichung des SNA Winkels vom Mittelwert von mehr als - 4°.
- Eine Vergrößerung des OK1/NL Winkels vom Mittelwert von mehr als + 2° (bei mittelwertigem UK1/ML).
- Ein Wits-Wert kleiner - 1,5mm (bei physiologischem SNB- Winkel).

Ein Wachstumsdefizit im Oberkiefer wurde bei Patienten festgestellt, bei denen mindestens 3 der aufgeführten Definitionen zutrafen und noch keine Umstellungsosteotomie durchgeführt wurde.

3.4 Statistische Auswertung

Die Zusammenstellung und Verarbeitung des Datenmaterials erfolgte zunächst mit der Tabellenkalkulationssoftware Microsoft Excel 2003. Die anschließende statistische Analyse wurde mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (Statistical Package for Social Sciences) Version 19.0 für Windows vorgenommen.

Die deskriptive Statistik umfasste die Bestimmung von Mittelwert (MW), Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max) aller kephalometrischer Parameter, sowie der Ergebnisse der Modellanalyse. Für jeden Behandlungszeitpunkt (T) wurde die Gruppengröße (N) bestimmt.

Die Veränderungen der Parameter zwischen den unterschiedlichen Behandlungszeitpunkten wurden mit dem t-Test für verbundene Stichproben auf signifikante Unterschiede überprüft. Zur Feststellung von Korrelationen zwischen Variablen zu einem jeweiligen Untersuchungszeitpunkt und deren Signifikanzniveaus wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt.

Die ermittelten Werte der Modell- und kephalometrischen Analyse werden im Ergebnisteil in tabellarischer Form und graphisch, in Form von Boxplot Diagrammen dargestellt. Das Boxplot Diagramm bildet dabei den Interquartilbereich ab, welcher 50% der Werte darstellt, die dem Medianwert am nächsten liegen. Dieser Medianwert liegt als Querlinie über der Box. Von der Box ausgehende Linien nach oben und unten markieren jeweils 25% der Werte, die vom Median nach oben oder unten abweichen. Maximal- beziehungsweise Minimalwerte die noch keine Ausreißer beinhalten sind jeweils mit einem Querbalken gekennzeichnet. Mittelwerte, Standardabweichungen und p-Werte mit den jeweiligen Signifikanzniveaus werden in tabellarischer Form dargestellt.

Die statistische Signifikanz der maxillären Mikrognathie durch Korrelation zu verschiedenen Parametern wurde mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson überprüft.

Die Signifikanzniveaus wurden vorher wie folgt festgelegt:

nicht signifikant $p \geq 0,05$

signifikant $p < 0,05$ (*)

hoch signifikant $p < 0,01$ (**)

höchst signifikant $p < 0,001$ (***)

3.5 Fehlerbestimmung

Bei der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern können sich Identifikationsfehler bei der genauen Beurteilung anatomischer Strukturen ergeben, was zu fehlerhaften Messpunkten führt. Ebenso können bei der Analyse der Modellpaare Ungenauigkeiten bei der Streckenermittlung durch fehlerhaftes Ablesen auftreten. Um diese Ungenauigkeiten in vorliegender Studie beurteilen zu können wurden nach einem erinnerungsfreien Zeitraum von 4 Monaten 15 Patienten ausgewählt, von denen Fernröntgenseitenbilder und Modellpaare jeweils zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 nochmals vermessen und ausgewertet wurden.

Der Methodenfehler wurde anhand der Dahlberg Formel (1940) bestimmt:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{2n}}$$

n = Anzahl der ausgewerteten Fernröntgenseitenbilder

d = Einzelabweichung zwischen 2 Registrierungen

Für die Modellauswertung ergab sich dabei eine durchschnittliche Abweichung um 0,16mm, für die Fernröntgenseitenbildauswertung ergab sich eine durchschnittliche Abweichung bei der Winkelmessung von 0,62 Grad und bei der Streckenmessung von 0,61mm. Diese Werte liegen im Bereich der von anderen Autoren angegebenen durchschnittlichen Streuung (Brosda, 1993).

4. Ergebnisse

4.1 Patienten

Tabelle 1 zeigt das durchschnittliche Alter der Patienten zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten

	Alter T1	Alter T2	Alter T3
Mittelwert \pm SD	10,30 \pm 1,52	14,83 \pm 1,11	17,82 \pm 1,58
Minimum	6,4	11,5	15,20
Maximum	13,9	17,7	22,20
N	40	39	30

Tabelle 1: Alter in Jahren der Probanden zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3. N: Anzahl der Patienten; SD: Standardabweichung

4.2 Modellauswertung

4.2.1 Veränderungen der sagittalen Frontzahnstufe

Zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 wird die sagittale Frontzahnstufe im Mittel um 0,11mm größer. Beim Vergleich der Zeitpunkte T1 und T3 ist im Mittel eine Differenz um -0,859mm zu beobachten (Tabelle 3).

Sagittale Frontzahnstufe	N	MW	SD	p-Wert	Signifikanz
Δ T1-T2	39	0,11	2,43	0,769	n.s.
Δ T2-T3	31	-0,95	1,91	0,010	*
Δ T1-T3	32	-0,85	2,26	0,040	*

Tabelle3: Mittelwertdifferenzen der sagittalen Frontzahnstufe zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 (t-Test für verbundene Stichproben); N: Anzahl der Patienten; MW: Mittelwertdifferenz zwischen den angegebenen Untersuchungszeitpunkten; SD: Standardabweichung; n.s.: nicht signifikant; *: signifikant

Zwischen den Untersuchungszeitpunkten T2 und T3, sowie zwischen T1 und T3 wird die sagittale Frontzahnstufe signifikant ($p < 0,05$) kleiner (Abbildung 7).

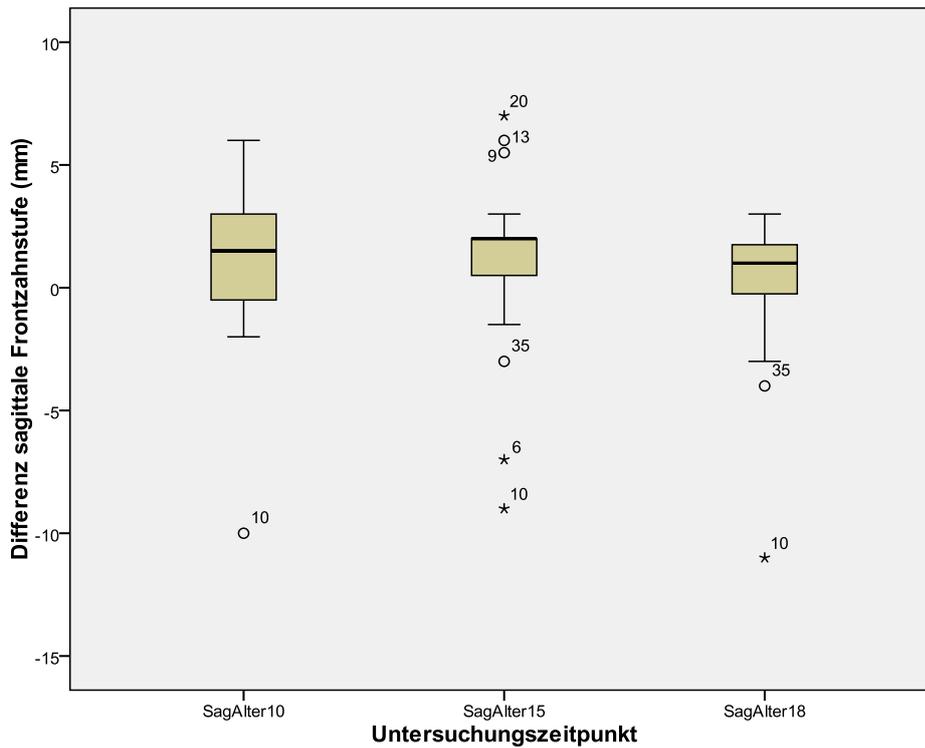


Abbildung 7: Differenzen der sagittalen Frontzahnstufe zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3

(SagAlter10: Untersuchungszeitpunkt T1; SagAlter15: Untersuchungszeitpunkt T2; SagAlter18: Untersuchungszeitpunkt T3)

4.2.2 Veränderungen der transversalen Zahnbogenbreite

Anteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer

Zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T3 wird die anteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer hoch signifikant ($p < 0,01$) größer (Tabelle 4).

Anteriore ZBB Oberkiefer	N	MW	SD	p-Wert	Signifikanz
Δ T1-T2	39	1,069	3,84	0,91	n.s.
Δ T2-T3	30	0,276	2,94	0,611	n.s.
Δ T1-T3	31	2,109	3,71	0,004	**

Tabelle 4: Mittelwertdifferenzen der anterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1-T2, T2-T3 und T1-T3. N: Anzahl der Patienten; MW: Mittelwertdifferenz zwischen den angegeben Zeitpunkten; n.s.: nicht signifikant, **: hoch signifikant.

Zwischen den Behandlungszeitpunkten T1 und T3 wird die anteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer um $2,10 \text{ mm} \pm 3,71 \text{ mm}$ größer. Zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 vergrößert sie sich um $1,06 \text{ mm} \pm 3,84 \text{ mm}$ und zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 um $0,27 \text{ mm} \pm$

2,94mm, wobei sich zu diesen Untersuchungszeitpunkten keine signifikanten Unterschiede ergaben (Abbildung 8).

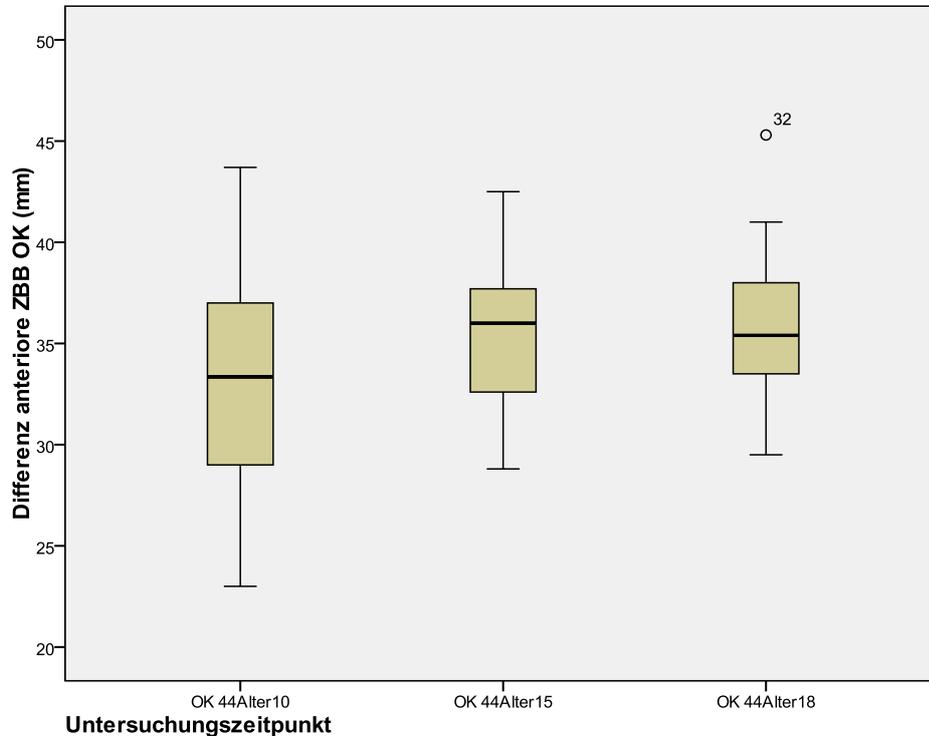


Abbildung 8: Differenz der anterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 (OK44Alter10), T2 (OK44Alter15) und T3 (OK44Alter18).

Posteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer

Zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 5).

Posteriore ZBB Oberkiefer	N	MW	SD	p-Wert	Signifikanz
Δ T1-T2	39	0,687	4,37	0,333	n.s.
Δ T2-T3	30	-0,983	3,00	0,084	n.s.
Δ T1-T3	31	0,732	3,94	0,310	n.s.

Tabelle 5: Mittelwertdifferenzen der posterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 (t-Test für verbundene Stichproben). N: Anzahl der Patienten; MW: Mittelwertdifferenz zwischen den angegebenen Untersuchungszeitpunkten; n.s.: nicht signifikant.

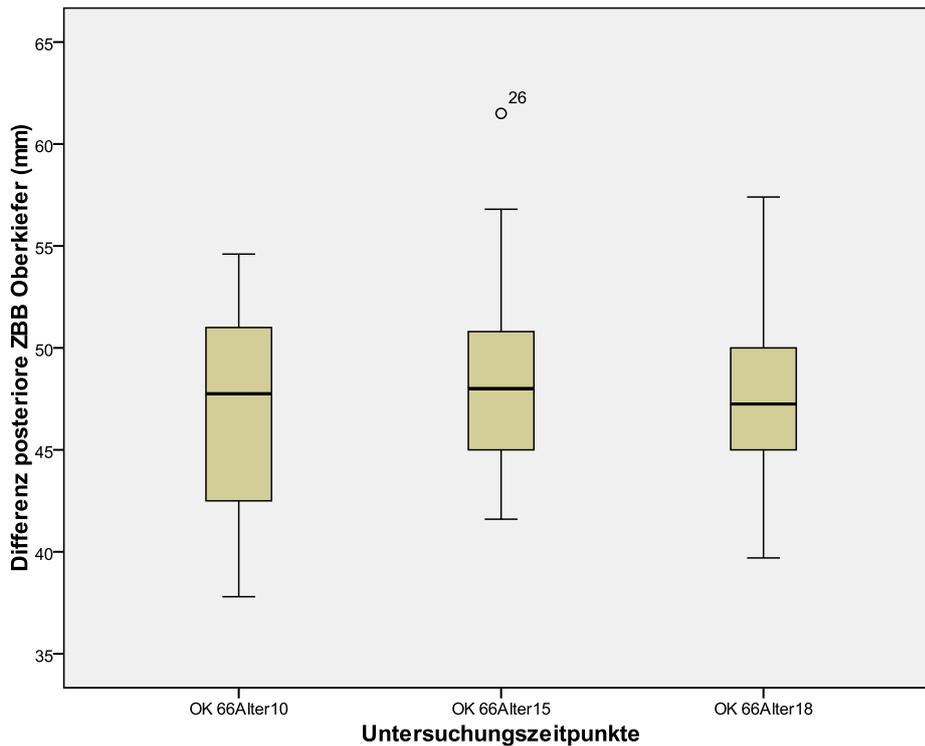


Abbildung 9: Vergleich der posterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer zu den Untersuchungszeitpunkten T1 (OK66Alter10), T2 (OK66Alter15) und T3 (OK66Alter18).

Anteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer

Zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T3 ergaben sich für die Werte der anterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 6)

Anteriore ZBB Unterkiefer	N	MW	SD	p-Wert	Signifikanz
Δ T1-T2	39	0,530	2,81	0,247	n.s.
Δ T2-T3	30	0,250	2,84	0,634	n.s.
Δ T1-T3	31	0,635	2,93	0,237	n.s.

Tabelle 6: Mittelwertdifferenzen der anterioren Zahnbogenbreiten im Unterkiefer zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 (t-Test für verbundene Stichproben). N: Anzahl der Patienten; MW: Mittelwertdifferenz zwischen den angegebenen Zeitpunkten; SD: Standardabweichung, n.s. : nicht signifikant.

Für die anteriore Zahnbogenbreite ergab sich im Unterkiefer zum Behandlungszeitpunkt T1 ein Mittelwert von 35,37mm ± 2,90 (N=40), zum Zeitpunkt T2 ergab sich im Mittel ein Wert von 35,86mm ± 3,21 und zum Zeitpunkt T3 lag der Mittelwert bei 36,21mm ± 2,41. Bei Vergleich der Mittelwertdifferenzen zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Abbildung 10).

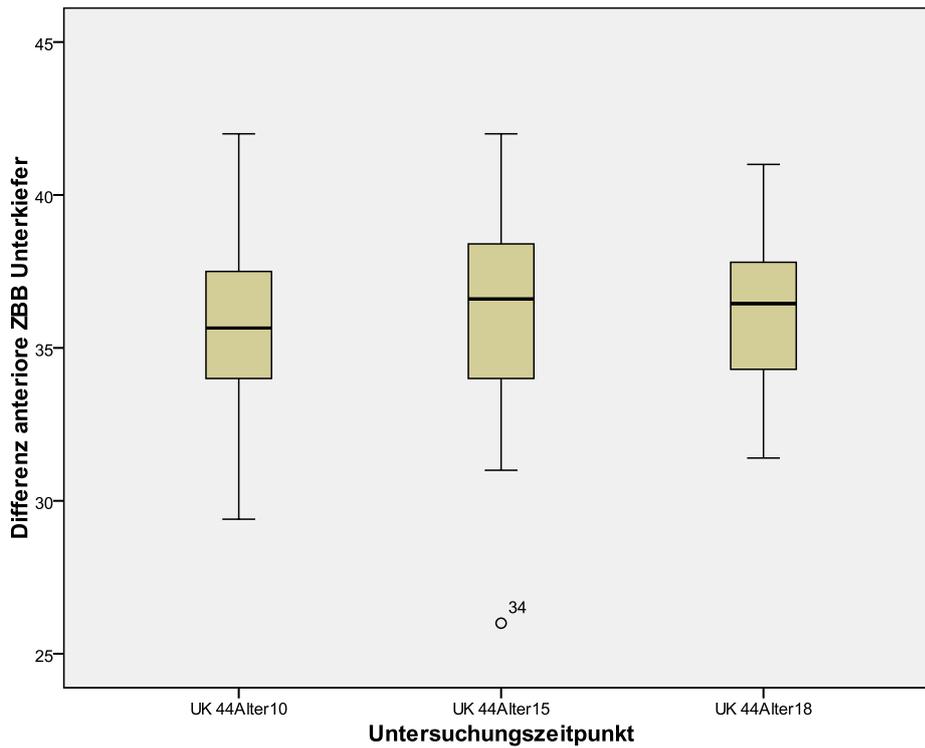


Abbildung 10: Vergleich der Mittelwerte zu den Zeitpunkten T1 (UK44Alter10), T2 (UK44Alter15) und T3 (UK44Alter18).

Posteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer

Zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T2, sowie T1 und T3 wird die posteriore Zahnbogenbreite im Unterkiefer hoch signifikant ($p < 0,01$) größer (Tabelle 7).

Posteriore ZBB Unterkiefer	N	MW	SD	p-Wert	Signifikanz
Δ T1-T2	39	1,687	3,11	0,002	**
Δ T2-T3	29	-0,651	2,25	0,130	n.s.
Δ T1-T3	29	1,513	2,52	0,003	**

Tabelle 7: Mittelwertdifferenzen der posterioren Zahnbogenbreite im Unterkiefer zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 (t-Test für verbundene Stichproben). ZBB: Zahnbogenbreite, N: Anzahl der Patienten, MW: Mittelwertdifferenz, SD: Standardabweichung, n.s.: nicht signifikant, **: hoch signifikant.

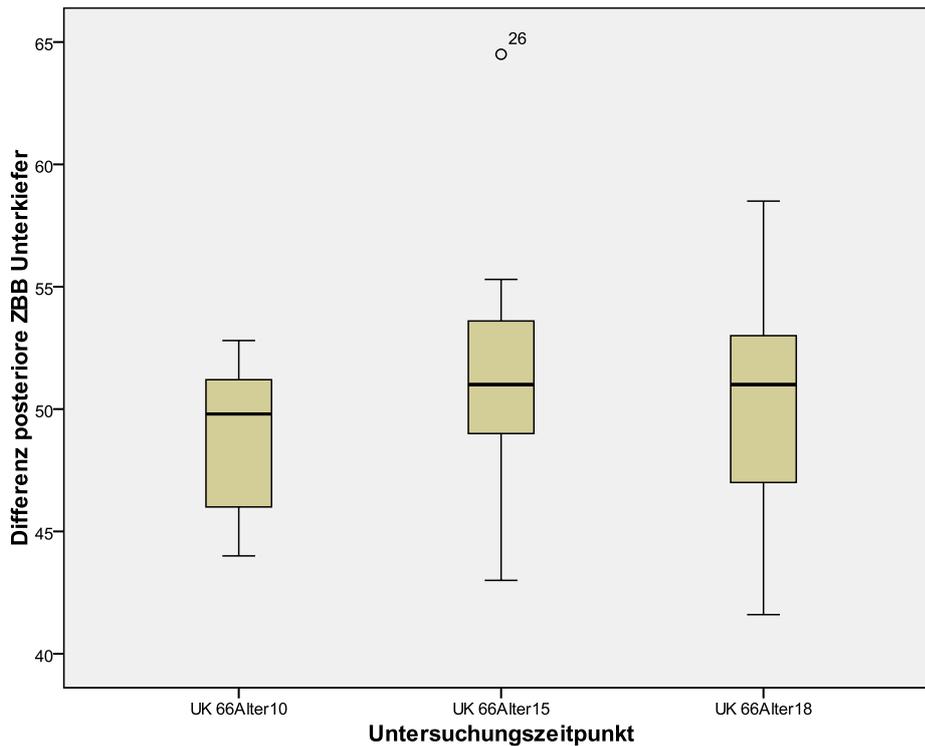


Abbildung 11: Vergleich der posterioren Zahnbogenbreite (ZBB) im Unterkiefer zu den Untersuchungszeitpunkten T1 (UK66Alter10), T2 (UK66Alter15) und T3 (UK66Alter18).

4.2.3 Veränderungen der vertikalen Frontzahnstufe

Vertikale Frontzahnstufe	N	MW	SD	p-Wert	Signifikanz
Δ T1-T2	38	-0,60	2,18	0,096	n.s.
Δ T2-T3	28	-0,19	1,72	0,553	n.s.
Δ T1-T3	30	-0,83	2,64	0,095	n.s.

Tabelle 8: Mittelwertdifferenzen der vertikalen Frontzahnstufe zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 (t-Test für verbundene Stichproben); N: Anzahl der Patienten; MW: Mittelwertdifferenz zwischen den angegebenen Untersuchungszeitpunkten; SD: Standardabweichung; n.s.: nicht signifikant

Die vergleichende Statistik der vertikalen Frontzahnstufe zeigt eine Verkleinerung der vertikalen Frontzahnstufe zwischen allen untersuchten Zeitpunkten. Zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 können keine signifikanten Veränderungen nachgewiesen werden.

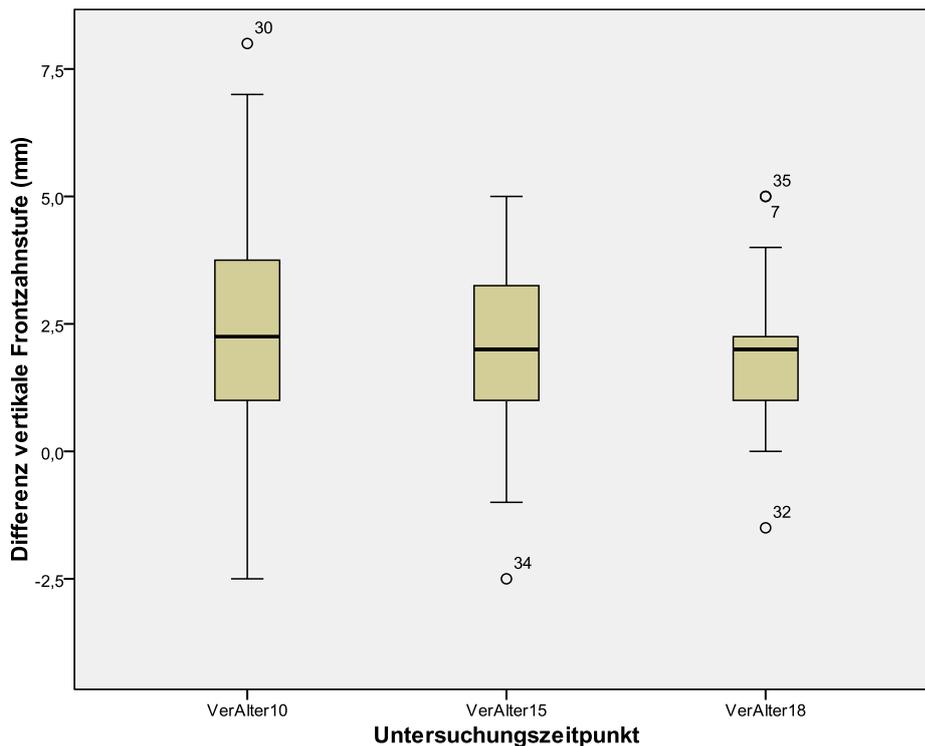


Abbildung12: Differenzen der vertikalen Frontzahnstufe zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 (VerAlter10: Untersuchungszeitpunkt T1; VerAlter15: Untersuchungszeitpunkt T2; VerAlter18: Untersuchungszeitpunkt T3)

4.3 Fernröntgenseitenbilddauswertung

4.3.1 Veränderungen in der Sagittalen

In der Sagittalen wurde der Winkel SNA vom Zeitpunkt T1 bis zum Zeitpunkt T3 im Mittel um $-2,77^\circ \pm 3,98^\circ$ kleiner. Der Winkel SNB wurde zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 im Mittel um $2,18^\circ \pm 2,85^\circ$ größer. Der Mittelwert des Winkels ANB wurde zwischen den Zeitpunkten T1 bis zum Zeitpunkt T3 um $-5,55^\circ \pm 3,12^\circ$ kleiner. Bei den Streckenmessungen in der Sagittalen ergab sich für die Strecke arA zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 eine Mittelwertdifferenz um $1,13\text{mm} \pm 5,85\text{mm}$. Der Wits- Wert wurde zwischen den Zeitpunkten T1 bis zum Zeitpunkt T3 um $-4,89\text{mm} \pm 3,67\text{mm}$ kleiner. (Tabelle 9).

Messung sagittal	N	MW	SD	Δ T1-T3 (SD)
SNA T1 (°)	40	80,43	4,79	-2,77 (\pm 3,98)
SNA T2	39	78,01	4,74	
SNA T3	23	77,63	4,94	
SNB T1 (°)	40	75,76	3,35	2,18 (\pm 2,85)
SNB T2	39	76,85	3,60	
SNB T3	23	77,44	3,52	
arA T1 (mm)	38	80,63	6,63	1,13 (\pm 5,85)
arA T2	36	81,46	7,09	
arA T3	22	82,37	6,27	
ANB T1 (°)	40	4,67	3,77	-5,55 (\pm 3,12)
ANB T2	39	1,17	3,46	
ANB T3	23	0,29	3,39	
Wits T1 (mm)	32	2,66	4,14	-4,89 (\pm 3,67)
Wits T2	36	-1,82	3,89	
Wits T3	22	-2,31	4,16	

Tabelle 9: Fernröntgenseitenbilddauswertung in der Sagittalen zu den Zeitpunkten T1 bis T3; MW: Mittelwert zum angegebenen Untersuchungszeitpunkt; Δ : Differenzen der Mittelwerte zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T3.

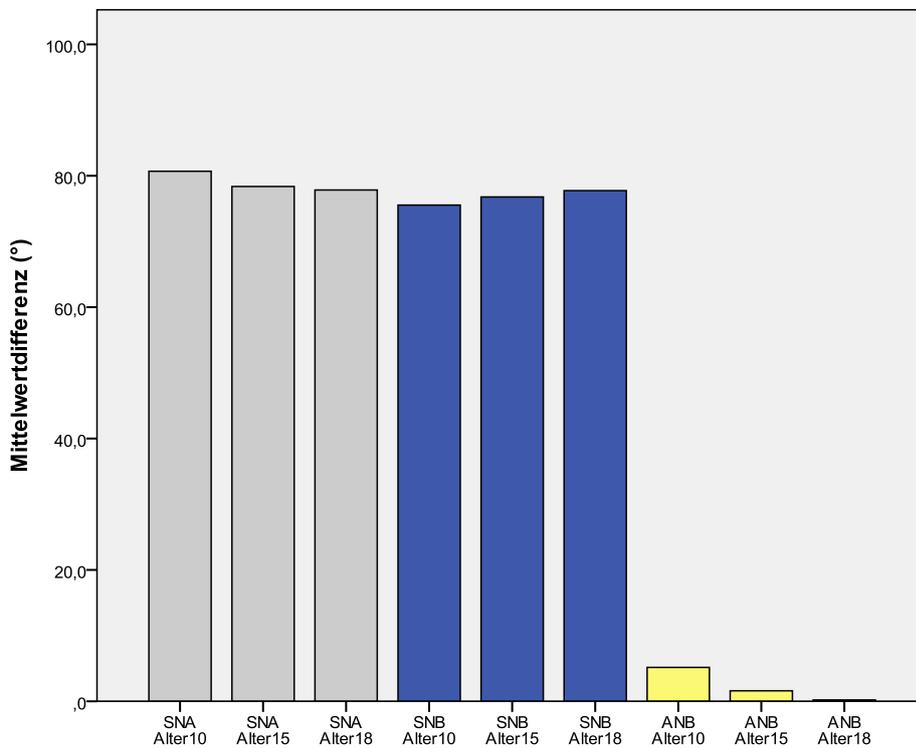


Abbildung 13: Mittelwertdifferenzen der Winkel SNA, SNB und ANB zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3.

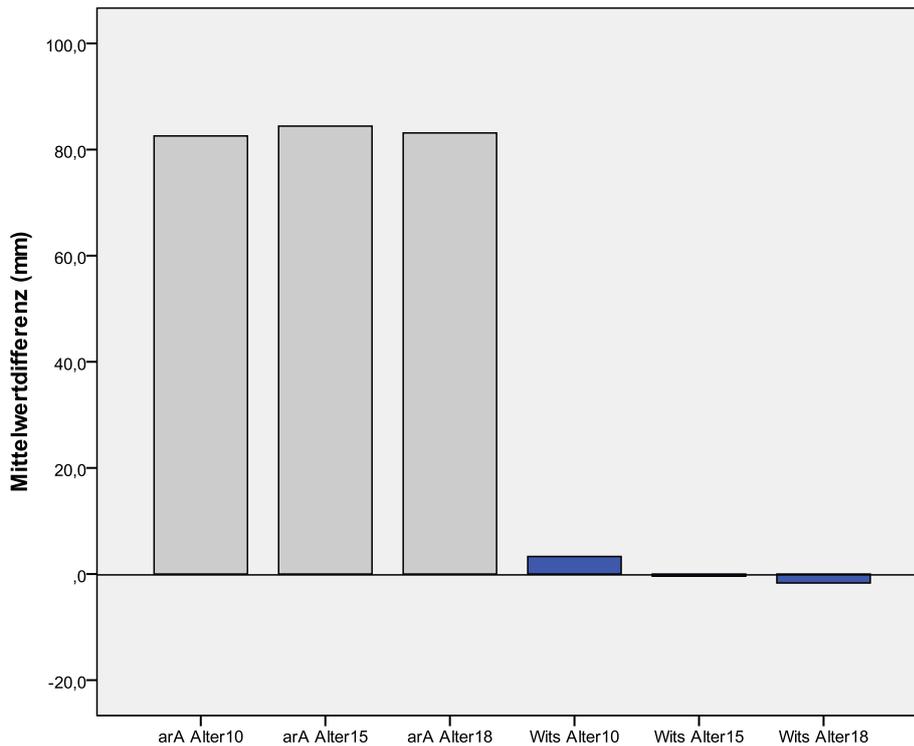


Abbildung 14: Mittelwertdifferenzen für die Streckenmessungen arA und Wits zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3

Bei den untersuchten Spaltpatienten zeigten sich signifikante Veränderungen der Mittelwerte vor allem bei den in der Sagittalen erhobenen Messwerten. Der Mittelwert des Winkels SNA wurde zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 höchst signifikant ($p < 0,001$) kleiner, zwischen den Zeitpunkten T1 bis T3 wurde der Winkel hoch signifikant ($p < 0,01$) kleiner. Der Winkel SNB zeigte in allen Untersuchungsabschnitten signifikante Veränderungen. Zwischen den Zeitpunkten T1 bis T2 wurde der Winkel signifikant größer ($p < 0,05$), zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 wurde der Winkel hoch signifikant ($p < 0,01$) größer und zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 weist der Winkel eine höchst signifikante ($p < 0,001$) Vergrößerung auf. Der Mittelwert von ANB wurde höchst signifikant ($p < 0,001$) von T1 nach T2, sowie von T1 nach T3 kleiner. Zwischen den Zeitpunkten T2 und T3 zeigt ANB eine signifikante ($p < 0,05$) Verkleinerung. Der Mittelwert des Wits-Wertes wurde ebenfalls von T1 nach T2, sowie von T1 nach T3 höchst signifikant ($p < 0,001$) kleiner (Tabelle 10).

Messung sagittal	N	Δ MW	SD	p-Wert	Signifikanz
SNA T1 ($^{\circ}$) SNA T2	39	-2,57	3,40	0,000	***
SNA T2 SNA T3	22	-0,53	3,54	0,490	n.s.
SNA T1 SNA T3	23	-2,76	3,98	0,003	**
SNB T1 ($^{\circ}$) SNB T2	34	0,91	2,60	0,034	*

SNB T2 SNB T3	20	0,95	1,93	0,030	*
SNB T1 SNB T3	21	2,18	2,85	0,001	**
arA T1 (mm) arA T2	39	0,86	4,80	0,300	n.s.
arA T2 arA T3	22	-0,27	4,89	0,804	n.s.
arA T1 arA T3	23	1,13	5,85	0,383	n.s.
ANB T1 (°) ANB T2	39	-3,49	2,46	0,000	***
ANB T2 ANB T3	22	-1,39	3,08	0,046	*
ANB T1 ANBT3	23	-4,85	3,29	0,000	***
Wits T1 (mm) Wits T2	28	-3,48	3,85	0,000	***
Wits T2 Wits T3	20	-1,05	3,24	0,162	n.s.
Wits T1 Wits T3	16	-4,89	3,67	0,000	***

Tabelle 10: Differenzen (Δ) der Mittelwerte der Messungen in der Sagittalen zwischen T1-T2, T2-T3 und T1-T3 (t-Test für verbundene Stichproben); n.s.: nicht signifikant ($p \geq 0,05$); *: signifikant ($p < 0,05$); **: hoch signifikant ($p < 0,01$); ***: höchst signifikant ($p < 0,001$)

4.3.2 Veränderungen in der Vertikalen

In der Vertikalen wurde der Winkel NL/NSL vom Zeitpunkt T1 bis zum Zeitpunkt T3 im Mittel um $-0,74^\circ \pm 4,43^\circ$ kleiner. Der Winkel ML/NSL wurde zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 im Mittel um $2,03^\circ \pm 3,70^\circ$ kleiner. Der Mittelwert des Winkels ML/NL wurde zwischen dem Untersuchungszeitpunkt T1 bis zum Zeitpunkt T3 um $-1,61^\circ \pm 4,44^\circ$ kleiner (Tabelle 11).

Messung vertikal	N	MW	SD	Δ T1-T3 (SD)
NL/NSL T1(°)	40	9,21	4,45	
NL/NSL T2	39	8,89	5,39	-0,74 ($\pm 4,43$)
NL/NSL T3	23	8,59	3,62	
ML/NSL T1(°)	40	34,43	5,88	
ML/NSL T2	39	33,76	6,27	-2,03 ($\pm 3,70$)
ML/NSL T3	22	32,42	6,09	
ML/NL T1(°)	40	25,46	5,87	
ML/NL T2	39	34,86	6,24	-1,61 ($\pm 4,44$)
ML/NL T3	22	23,93	5,12	

Tabelle 11: Fernröntgenseitenbildauswertung in der Vertikalen zu den Zeitpunkten T1 bis T3; MW: Mittelwert zum angegebenen Untersuchungszeitpunkt; Δ : Differenzen der Mittelwerte zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T3.

Bei der statistischen Auswertung der vertikalen Parameter zeigten sich sowohl bei dem Winkel NL/NSL als auch bei dem Winkel ML/NL keine signifikanten Veränderungen. Der Mittelwert des Winkels ML/NSL wurde signifikant ($p < 0,05$) kleiner vom Zeitpunkt T1 bis zum Zeitpunkt T3 (Tabelle 12).

Messung vertikal	N	Δ MW	SD	p-Wert	Signifikanz
NL/NSL T1 (°) NL/NSL T2	39	-0,176	3,37	0,745	n.s.
NL/NSL T2 NL/NSL T3	22	-0,55	3,18	0,424	n.s.
NL/NSL T1 NL/NSL T3	23	-0,74	4,43	0,430	n.s.
ML/NSL T1 (°) ML/NSL T2	39	-0,40	3,34	0,457	n.s.
ML/NSL T2 ML/NSL T3	21	-1,01	2,22	0,050	n.s.
ML/NSL T1 ML/NSL T3	22	-2,03	3,70	0,018	*
ML/NL T1 (°) ML/NL T2	39	-0,47	4,12	0,480	n.s.
ML/NL T2 ML/NL T3	21	-0,29	3,53	0,706	n.s.
ML/NL T1 ML/NL T3	22	-1,61	4,44	0,103	n.s.

Tabelle 12: Differenzen (Δ) der Mittelwerte der Messungen in der Vertikalen zwischen T1-T2, T2-T3 und T1-T3 (t-Test für verbundene Stichproben); n.s.: nicht signifikant ($p \geq 0,05$); *: signifikant ($p < 0,05$)

4.3.3 Dentale Veränderungen

Die Neigung der Schneidezähne im Oberkiefer in Relation zur Oberkieferbasis wurde vom Zeitpunkt T1 bis zum Zeitpunkt T3 im Mittel um $11,41^\circ \pm 11,20^\circ$ größer (Tabelle 13). Die Oberkiefer-Schneidezähne zeigen zu den Untersuchungszeitpunkten T2 und T3 eine deutlich protrudierte Stellung.

Messung dental	N	MW	SD	Δ T1-T3 (SD)
OK-1/NL T1 (°)	40	97,00	11,36	11,41 ($\pm 11,20$)
OK-1/NL T2	39	107,31	9,58	
OK-1/NL T3	23	109,92	9,18	

Tabelle 13: Fernröntgenseitenbilddauswertung der Neigung der Oberkiefer-Schneidezähne in Relation zur Oberkieferbasis (OK-1/NL) zu den Zeitpunkten T1 bis T3; MW: Mittelwert zum angegebenen Untersuchungszeitpunkt; Δ : Differenzen der Mittelwerte zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T3.

Bei der statistischen Auswertung der Mittelwertdifferenzen der dentalen Parameter zeigte sich beim Winkel OK-1/NL eine höchst signifikante ($p < 0,001$) Vergrößerung zwischen den Zeitpunkten T1 bis T2 und zwischen den Zeitpunkten T1 und T3. Zwischen den Zeitpunkten T2 bis T3 konnten keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden (Tabelle 14).

Messung dental	N	Δ MW	SD	p-Wert	Signifikanz
OK-1/NL T1 (°) OK-1/NL T2	39	10,56	9,99	0,000	***
OK-1/NL T2 OK-1/NL T3	22	2,26	6,77	0,131	n.s.
OK-1/NL T1 OK-1/NL T3	23	11,41	11,20	0,000	***

Tabelle 14: Differenzen (Δ) der Mittelwerte der Messungen in der Vertikalen zwischen den Zeitpunkten T1-T2, T2-T3 und T1-T3 (t-Test für verbundene Stichproben); n.s.: nicht signifikant; ***: höchst signifikant ($p < 0,001$)

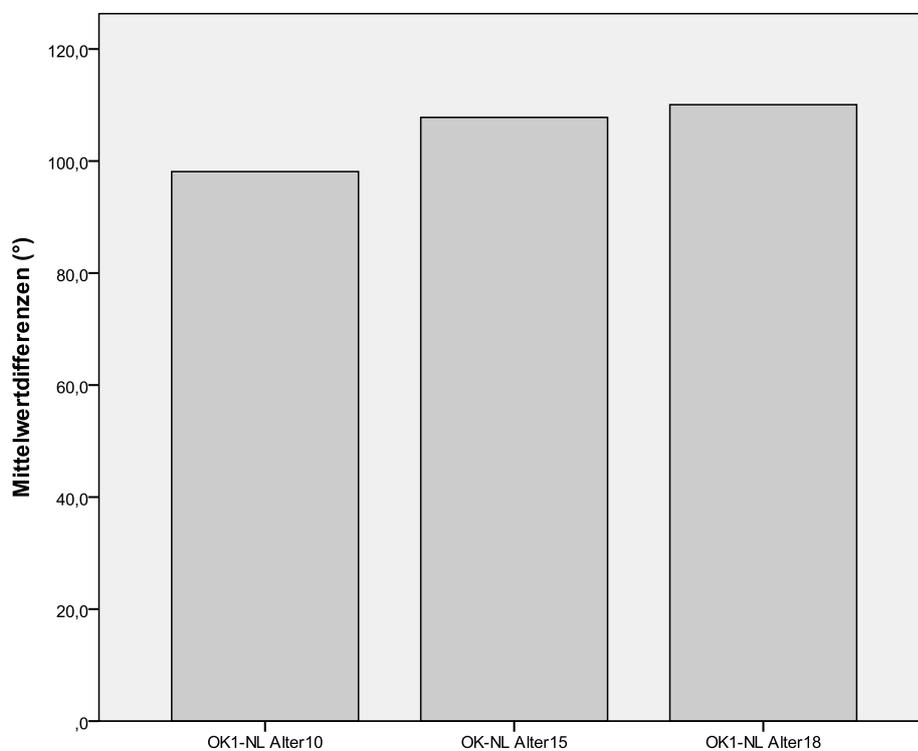


Abbildung 15: Mittelwertdifferenzen der Achsneigung der Oberkiefer- Schneidezähne in Relation zur Oberkieferbasis (OK-1/NL) zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3

4.4 Korrelationen

Zwischen den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten ergaben sich bei der Erstellung des Korrelationskoeffizienten nach Pearson unterschiedliche Signifikanzniveaus. Die korrelierten Werte der Variablen SNA mit der posterioren Zahnbogenbreite (OK66) zeigten zu keinem Untersuchungszeitpunkt signifikante Unterschiede. Ebenso konnte zwischen den Variablen SNA und der Achsneigung der Oberkiefer Schneidezähne in Relation zur Oberkieferbasis (OK-1/NL) keine signifikante Korrelation festgestellt werden.

Signifikant positive Korrelationen ($p < 0,05$) konnten zwischen den Variablen SNA und Wits-Wert zum Zeitpunkt T1 nachgewiesen werden. Weitere signifikant positive Korrelationen ($p < 0,05$) ergaben sich zwischen den Werten von SNA und der anterioren Zahnbogenbreite (OK44) jeweils zu den Untersuchungszeitpunkten T1 und T2. Die Betrachtung der Variablen SNA und NL/NSL zeigte zum Zeitpunkt T3 eine signifikant ($p < 0,05$) negative Korrelation. Eine hoch signifikant ($p < 0,01$) positive Korrelation konnte zwischen den Werten von SNA und Wits-Wert zum Zeitpunkt T3 nachgewiesen werden (Tabelle 15).

Variable	N	Korrelationskoeffizient nach Pearson	p-Wert	Signifikanz
SNA-Wits T1	32	0,447	0,10	*
SNA-Wits T2	36	0,619	0,000	***
SNA-Wits T3	22	0,598	0,003	**
SNA-OK44 T1	40	0,108	0,509	n.s.
SNA-OK44 T2	38	0,336	0,039	*
SNA-OK44 T3	20	0,500	0,025	*
SNA-OK66 T1	40	-0,040	0,809	n.s.
SNA-OK66 T2	38	0,276	0,093	n.s.
SNA-OK66 T3	20	-0,024	0,920	n.s.
SNA-NL/NSL T1	40	-0,599	0,000	***
SNA-NL/NSL T2	39	-0,663	0,000	***
SNA-NL/NSL T3	23	-0,481	0,020	*
SNA-OK1/NL T1	40	-0,279	0,081	n.s.
SNA-OK1/NL T2	39	-0,305	0,059	n.s.
SNA-OK1/NL T3	23	-0,165	0,451	n.s.

Tabelle 15: Korrelationen der Variablen zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3 (Korrelation nach Pearson); N: Anzahl der Fälle; n.s.: nicht signifikant; * signifikant ($p < 0,05$); **: hoch signifikant ($p < 0,01$); ***: höchst signifikant ($p < 0,001$)

Die statistische Auswertung zwischen den Variablen SNA und Wits-Wert zum Untersuchungszeitpunkt T2 zeigt eine höchst signifikante ($p < 0,001$) positive Korrelation der Variablen (Abbildung 16).

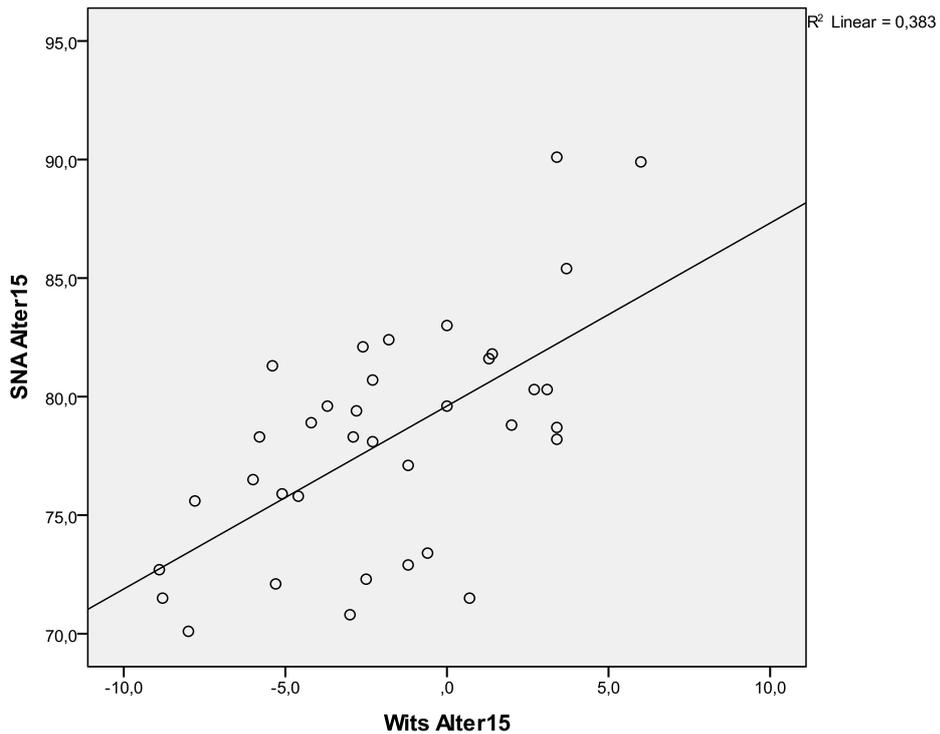


Abbildung 16: Streudiagramm für die positive Korrelation zwischen den Variablen SNA und Wirts-Wert zum Zeitpunkt T2

Für die Variablen SNA und NL/NSL ergab sich zum Untersuchungszeitpunkt T2 eine höchst signifikante ($p < 0,001$) negative Korrelation (Abbildung 17).

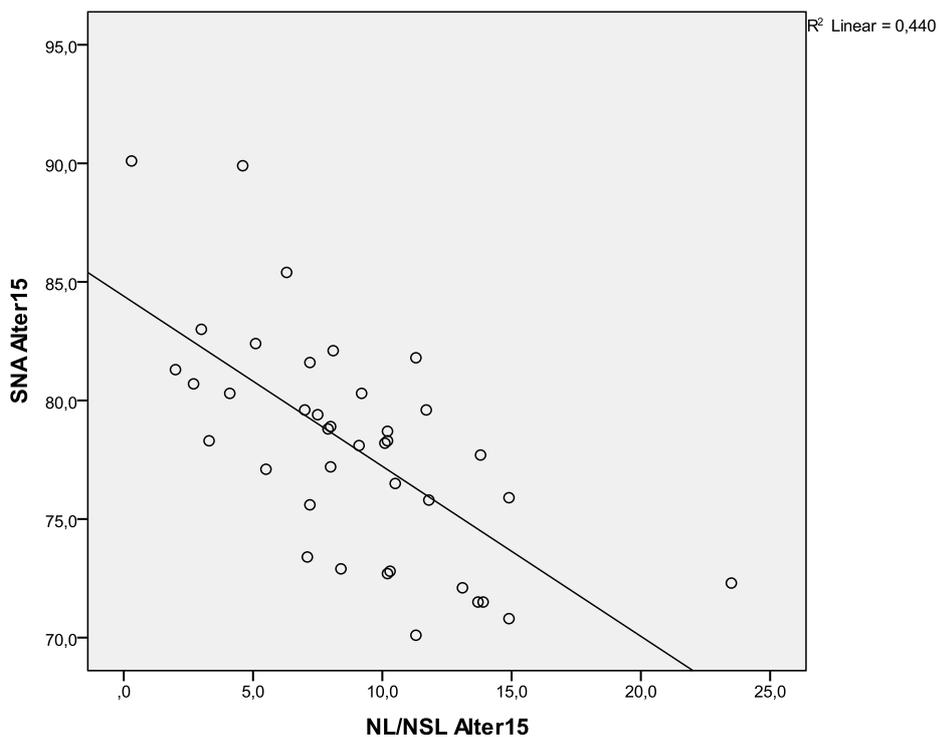


Abbildung 17: Streudiagramm für die negative Korrelation der Variablen SNA und NL/NSL zum Zeitpunkt T2

Mittels des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson sollte untersucht werden ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem Vorhandensein einer maxillären Mikrognathie und anderen untersuchten Variablen. Die Werte des Chi-Quadrat nach Pearson zeigten keine signifikanten ($p \geq 0,05$) Korrelationen zwischen maxillärer Mikrognathie und der Gesamtanzahl der Spaltoperationen, dem Geschlecht der Patienten, sowie dem Bestehen einer unilateralen oder bilateralen Spalte (Tabelle 16).

Variable	N	Chi-Quadrat Nach Pearson	p-Wert	Signifikanz
Anzahl OP gesamt – Maxilläre Mikrognathie	40	4,649	0,098	n.s.
Geschlecht – Maxilläre Mikrognathie	40	0,101	0,751	n.s.
Spalte – Maxilläre Mikrognathie	40	0,482	0,786	n.s.

Tabelle 16: Chi-Quadrat Test nach Pearson zur Korrelation der maxillären Mikrognathie; n.s.: nicht signifikant

Zusätzlich wurde zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3 untersucht, ob eine maxilläre Mikrognathie laut Definition vorliegt (Tabelle17).

Variable	N	T1	T2	T3
Maxilläre Mikrognathie (%)	40	2,5	12,5	28

Tabelle 17: Anzahl der Patienten mit maxillärer Mikrognathie in % zum Zeitpunkt T1, T2 und T3.

Bei Betrachtung der Patienten die zum Wachstumsabschluss eine maxilläre Mikrognathie aufwiesen, ergab sich, dass diese Wachstumshemmung bei 9% der Patienten bereits zum Zeitpunkt T1 und bei 45% der Patienten zum Zeitpunkt T2 vorlag.

5. Diskussion

5.1 Patienten

In der vorliegenden Arbeit wurden Modellpaare und Fernröntgenseitenbilder von 40 Patienten mit vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ausgewertet. Die Patienten wurden zwischen 1975 und 1993 geboren. Die kieferorthopädische und kieferchirurgische Behandlung erfolgte ausschließlich und durchgehend nach dem Homburger Konzept.

Alle nachuntersuchten Parameter und statistischen Erhebungen beziehen sich gemeinsam sowohl auf männliche und weibliche Patienten, als auch auf ein- und beiderseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Einzige Ausnahme bildet hierbei die Untersuchung zur Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie bei Ausbildung einer maxillären Mikrognathie, wobei eine Differenzierung von männlichen zu weiblichen Patienten und ein- oder beiderseitigen Spalten vorgenommen wurde. In der Literatur wird eine geschlechtsspezifische Verteilung der Spalten angegeben. In einer Untersuchung von Shapira (1999) waren männliche Probanden doppelt so häufig von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten betroffen wie weibliche. Ebenso zeigte sich ein Verhältnis von ein- zu beiderseitigen Spaltträgern von 3:1, wobei die linke Seite etwa doppelt so häufig betroffen war wie die rechte Seite. Diese Angaben aus der Literatur decken sich mit den Ergebnissen dieser Studie. Hierbei liegt das Verhältnis von einseitigen zu beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ebenfalls bei 3:1, wobei der größere Anteil von 59% bei den linksseitigen vollständigen Spalten lag. Das Verhältnis von männlichen zu weiblichen Spaltpatienten betrug in dieser Studie 5:1. Trotz des erhöhten männlichen Anteils an Patienten konnten in den Ergebnissen keine geschlechtsspezifischen Unterschiede festgestellt werden.

5.2 Methode

Die Nachuntersuchung aller Modellpaare und Fernröntgenseitenbildern erfolgte ausschließlich durch eine Person. Dies ist zur Minimierung von Fehlerquellen unerlässlich, denn trotz genauer Definition der Referenzpunkte von Modell- und Fernröntgenseitenbilddauswertung, werden anatomische Strukturen von verschiedenen Personen unterschiedlich interpretiert, was zu einer Verzerrung der Untersuchungsergebnisse führen würde (Miethke, 1989). Zusätzlich wurde die Nachuntersuchung stets mit denselben Geräten durchgeführt, die Fernröntgenseitenbilder wurden ausschließlich mit der Onyx Ceph® Software analysiert.

Die teilweise schwankende Zahl N der Ergebnistabellen beruht auf Auswertungsschwierigkeiten. Einige Modellpaare der Untersuchung zeigten lagerungsbedingte Schäden, so dass die Erhebung von einzelnen Parametern nicht möglich war. Einige der nachuntersuchten Fernröntgenseitenbilder zeigten eine altersbedingte schlechte Bildqualität, so dass aufgrund einer Über- oder Unterbelichtung teilweise keine Skalierung vorgenommen werden konnte. Zusätzliche Identifikationsprobleme von anatomischen Strukturen im Röntgenbild ergeben sich durch Überlagerungseffekte und Doppelkonturen (Stirrups, 1989), welche eine exakte Festlegung von Referenzpunkten erschweren.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Modellauswertung

5.3.1.1 Veränderungen der sagittalen Frontzahnstufe

Die sagittale Frontzahnstufe (Overjet) soll im eugnathen Gebiss einen Wert von 2-3mm aufweisen (Kahl-Nieke, 2001). In der vorliegenden Studie verkleinerte sich die sagittale Frontzahnstufe zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 durchschnittlich von $0,75\text{mm} \pm 2,93\text{mm}$ auf einen Wert von $0,19\text{mm} \pm 2,65\text{mm}$. 24% der Spaltpatienten zeigte eine umgekehrte sagittale Frontzahnstufe, die sich aufgrund der Wachstumshemmung im Oberkiefer als Pseudoprognathie darstellt. Capelozza (1996) untersuchte in diesem Zusammenhang die Veränderungen des Overjets bei unoperierten und operierten Patienten mit vollständiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. Es zeigte sich im Mittel eine Vergrößerung des Overjets bei unoperierten Patienten, sowie eine Verkleinerung bei Patienten mit Lippen- und Gaumenverschluss. Dieser reduzierte Overjet bei operierten Patienten ist am ehesten auf entstehende Narbenzüge im Oberkiefer und eine Spannung der Lippe nach chirurgischem Verschluss zurückzuführen. Demgegenüber zeigte Maulina (1997) den Erfolg der frühen kieferorthopädischen Behandlung bei Spaltpatienten mit der Einstellung einer eugnathen sagittalen Frontzahnstufe. Nach dem Homburger Therapiekonzept dient die frühe kieferorthopädische Behandlung der Kontrolle und gegebenenfalls der Überstellung einer negativen sagittalen Frontzahnstufe um so ein ausreichendes Kieferwachstum zu erreichen und skelettale Manifestationen zu verhindern.

5.3.1.2 Veränderungen der transversalen Zahnbogenbreite

Die operative Behandlung der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten hat bedeutenden Einfluss auf die transversale Entwicklung des Oberkiefers. In diesem Zusammenhang wurden von Lisson et al. (1999) Patienten mit ein- und beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten untersucht und deren Veränderungen in der Transversalen im Verlauf des Gesichtsschädelwachstums aufgezeigt. Es wurde festgestellt, dass während der Behandlung die anteriore Zahnbogenbreite im Oberkiefer gegenüber der posterioren reduziert war. Aus diesem Ergebnis ergibt sich die Tendenz zur Ausbildung von Kreuzbissbeziehungen in der ersten Dentition, welche durch den Einsatz kieferorthopädischer Plattenapparaturen zu überstellen sind um im Verlauf des Wachstums eine skelettale Manifestation zu verhindern. Die zum Einsatz kommenden Plattenapparaturen verhindern hierbei vor allem nach operativem Verschluss des weichen Gaumens ein mediales Ausweichen der lateralen Spaltanteile (Lisson, Tränkmann, 1996). Vor diesem Hintergrund erklärt sich die Entwicklung der anterioren Zahnbogenbreite im Oberkiefer in dieser Studie. Während zum Zeitpunkt T1 eine deutlich verringerte transversale Relation vorlag, wird diese zu den Untersuchungszeitpunkten T2 und T3 hoch signifikant vergrößert. Durch die kieferorthopädische Behandlung konnten so mit Hilfe kontrollierter transversaler Zahnbogenerweiterung sagittale und transversale Zwangsführungen, welche sich unbehindert skelettal manifestieren können, verhindert werden.

5.3.1.3 Veränderungen der vertikalen Frontzahnstufe

Die vertikale Frontzahnstufe (Overbite) soll in einem eugnathen Gebiss gleich dem Overjet einen Wert von 2-3mm nicht über- oder unterschreiten (Kahl-Nieke, 2001).

Im Verlauf einer normalen Gebissentwicklung und physiologischen Wachstumsraten verkleinert sich die vertikale Frontzahnstufe um schließlich diesen Mittelwert zu erreichen (May, 1967). Die Angaben aus der Literatur decken sich mit den Ergebnissen dieser Studie: zum Zeitpunkt T1 wies der Overbite im Mittel einen Wert von $2,5\text{mm} \pm 2,45\text{mm}$ auf und verringerte bis zum Zeitpunkt T3 auf $1,7\text{mm} \pm 1,55\text{mm}$. Diese Entwicklung zeigt die Tendenz zur Ausbildung einer Infraokklusion bei Patienten mit vollständigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Das Ergebnis zeigt, dass wie bei der beschriebenen Wachstumshemmung des Oberkiefers in der Sagittalen ebenfalls eine Wachstumshemmung in der Vertikalen besteht.

5.3.2 Fernröntgenseitenbildauswertung

5.3.2.1 Die Veränderungen in der Sagittalen

In der vorliegenden Studie wurde die Veränderung der Position der Maxilla in der Sagittalen in Relation zur anterioren Schädelbasis untersucht. Der SNA Winkel verkleinerte sich hierbei zwischen allen Untersuchungszeitpunkten und erreichte zum Zeitpunkt T3 durchschnittlich einen Wert von $77,63^\circ \pm 4,94^\circ$. Im Gegensatz dazu kann bei unoperierten Patienten im Laufe des Wachstums eine stetige Vergrößerung des Winkels SNA beobachtet werden (Björk, 1983). Trotman und Ross (1993) untersuchten Patienten mit beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten im Alter von 6 und 12 Jahren, sowie im Erwachsenenalter. Auch in dieser Studie konnte eine Verkleinerung des Winkels SNA beobachtet werden, welche als Folge der chirurgischen Rehabilitation der Patienten zu sehen ist.

Der Winkel SNB, welcher die Lage des B-Punktes zur vorderen Schädelbasis beschreibt wird zwischen allen Untersuchungszeitpunkten größer. Hierbei zeigt sich zum Untersuchungszeitpunkt T1 eine Annäherung zu dem in der Literatur angegebenen Mittelwert von $76,5^\circ$. Nach den Wachstumskurven von Björk und Skieller (1983) kann demnach von einer eugnathen Entwicklung des Unterkiefers ausgegangen werden.

Hierdurch lässt sich die Veränderung des ANB Winkels erklären. Treutlein et al. (2003) untersuchten 10 jährige Patienten mit unilateraler Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. Die Ergebnisse zum ANB Winkel decken sich mit denjenigen aus vorliegender Studie zum Zeitpunkt T1. Ausgehend von einem vergrößerten ANB Winkel von $4,67^\circ \pm 3,77^\circ$ kann von einer mandibulären Retrognathie ausgegangen werden, zu diesem Zeitpunkt ist der pubertäre Wachstumsschub noch nicht erreicht. Nach Abschluss des Wachstums lag in dieser Studie ein ANB Winkel von durchschnittlich $0,29^\circ \pm 3,39^\circ$ vor, wodurch davon ausgegangen werden kann, dass der Oberkiefer während des Wachstums in Relation zum Unterkiefer hinter diesem zurückbleibt.

Ebenso verhält es sich mit den Werten des Wits-Index. Zum Zeitpunkt T1 liegen hierbei positive Werte vor. Dies bedeutet, dass der B-Punkt hinter dem A-Punkt zu liegen kommt. Während des Wachstums bis zum Zeitpunkt T3 werden die Werte des Wits-Index kleiner und erreichen schließlich negative Durchschnittswerte von $-2,31\text{mm} \pm 4,16\text{mm}$. Bei physiologischer Entwicklung des Unterkiefers bedeutet dies eine Wachstumshemmung des Oberkiefers mit Tendenz zur Ausbildung einer skelettalen Klasse III, welche in vorliegender Studie bei Patienten ohne Umstellungsosteotomie dental kompensiert wurde.

Die Streckenmessungen zur Bestimmung der Länge des Oberkiefers (arA) zeigen zum Zeitpunkt T1 durchschnittliche Werte, die mit Mittelwerten von Patienten ohne Spaltbildung vergleichbar sind. Während des Wachstums vergrößert sich dieser Wert um durchschnittlich $1,13\text{mm} \pm 5,85\text{mm}$ und zeigt somit als Folge der chirurgischen Rehabilitation eine Verkleinerung des Parameters im Vergleich zu Patienten ohne Spaltbildung und somit eine maxilläre Wachstumseinschränkung. Mars und Houston (1990) untersuchten unoperierte und operierte Spaltpatienten und deren Schädelentwicklung. Die Ergebnisse zeigten bei operierten Patienten teilweise die Tendenz zu einer normalen Oberkieferentwicklung, zudem zeigten unoperierte Patienten keine Unterschiede in der Entwicklung in anterioposteriorer Richtung. Eine Wachstumseinschränkung konnte hier alleine auf den operativen Gaumenverschluss zurückgeführt werden.

5.3.2.2 Die Veränderungen in der Vertikalen

Die Untersuchung der vertikalen Parameter zeigt in dieser Studie eine geringfügige Tendenz zur Retroinklination sowohl der Maxilla als auch der Mandibula. In der Literatur beschreiben viele Autoren die Retroinklination der Maxilla bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte (Lisson und Tränkmann, 1996; Yoshida et al., 1992), diese Retroinklination scheint demnach ein charakteristisches Merkmal bei operierten und unoperierten Spaltpatienten zu sein. Ebenso wird von mehreren Autoren eine Retroinklination der Mandibula beschrieben (Capelozza, 1993; Mars und Houston, 1990). Vorliegende Studie zeigt eine signifikante Verkleinerung des Winkels ML/NSL zwischen den Behandlungszeitpunkten T1 und T3. In der Wechselgebissperiode kann somit eine geringfügige Retroinklination der Mandibula nachgewiesen werden, welche zum Zeitpunkt der 2. Dentition ausgeglichen ist. Die Ursache hierfür liegt in den starken Wachstumsraten des Unterkiefers, da die Mandibula von allen Gesichtsknochen postnatal am stärksten wächst. Dies deckt sich mit den Ergebnissen zum Kieferbasenwinkel (ML/NL). In der Wechselgebissperiode liegt demnach eine Retroinklination der Mandibula mit vergrößertem Kieferbasenwinkel und damit eine Tendenz zum vertikalen Wachstumsmuster vor. Gleiche Ergebnisse zeigt eine Studie von Lisson und Tränkmann (1997) zur Untersuchung von Patienten mit beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, die keine Umstellungsosteotomie erhalten haben. In vorliegender Studie nimmt der Kieferbasenwinkel bis zur 2. Dentition bis zu einem in der Literatur aufgeführten Mittelwert von $23,5^\circ$ (Nötzel und Schultz, 2001) ab, somit wird die Retroinklination der Mandibula gleichfalls zu den Ergebnissen des Winkels ML/NSL durch das Wachstum ausgeglichen.

5.3.2.3 Dentale Veränderungen

Der Winkel OK1/NL beschreibt die Neigung der Oberkiefer-Schneidezähne in Relation zur Oberkieferbasis in anterioposteriorer Richtung. Die Ergebnisse zur Schneidezahnstellung in dieser Studie zum Zeitpunkt T1 decken sich mit Angaben aus der Literatur. Bei Patienten mit operierter Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte stehen die Oberkiefer-Schneidezähne im Vergleich zu Mittelwerten retrudiert (Lisson und Tränkmann, 1996; Opitz, 2002). Ursache für diese retrudierte Stellung zum Zeitpunkt T1 ist am ehesten eine durch die Lippenspaltplastik hervorgerufene Spannung der Oberlippe. Während des Behandlungsverlaufes wurden die Oberkiefer-Schneidezähne deutlich kieferorthopädisch protrudiert um zum Zeitpunkt T2 einem dem in der Literatur angegebenen Mittelwert von 107° nahe zu kommen. Der Winkel OK1/NL vergrößert sich zwischen den Zeitpunkten T1 und T3 höchst signifikant um schließlich einen Wert von $109,92^\circ \pm 9,18^\circ$ zu erreichen. Diese protrudierte Stellung der Oberkiefer-Schneidezähne spricht für eine dentale Kompensation der verkleinerten sagittalen Parameter der Fernröntgenseitenbildanalyse wie SNA und Wits-Index.

5.3.3 Korrelationen

Eine positive Korrelation zwischen dem SNA-Winkel und dem Wits-Index konnte zu allen Behandlungszeitpunkten zu unterschiedlichen Signifikanzniveaus nachgewiesen werden. Bei Verkleinerung des SNA-Winkels zwischen T1 und T3 kommt der A-Punkt in Bezug zur vorderen Schädelbasis weiter posterior zu liegen. Bei normaler Wachstumsentwicklung des Unterkiefers mit Verlagerung des B-Punktes nach anterior resultiert hieraus die positive Korrelation zum Wits-Index, der sich analog zum SNA-Winkel zu allen Untersuchungszeitpunkten verkleinert. Diese Ergebnisse decken sich mit den Angaben der Studie von Heib (2009). Bei dem Vergleich der Veränderungen der Parameter SNA und Wits-Index konnte auch hier eine positive Korrelation bei Patienten mit beiderseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte festgestellt werden. Bei Korrelation von SNA mit der transversalen Zahnbogenbreite konnte kein signifikanter Zusammenhang zur posterioren Zahnbogenbreite nachgewiesen werden. Einzig die anteriore Zahnbogenbreite zeigte zum Zeitpunkt T2 und T3 eine signifikante positive Korrelation zu SNA. Es zeigt sich, dass operative Eingriffe im Oberkiefer zu einer Verkleinerung des SNA-Winkels führen, gleichzeitig die anteriore Zahnbogenbreite verkleinert ist und hinter den Werten der posterioren zurückbleibt. Die Ursache hierfür liegt vermutlich in der Wachstumshemmung des Oberkiefers, welche durch operative Narbenzüge ausgelöst wird und im anterioren Bereich zusammen mit der

Spannung der Oberlippe eine stärkere Wachstumshemmung auslöst als im posterioren Bereich. Aus diesem Grund ist die kieferorthopädische Behandlung zur Unterstützung des Gesichtsschädelwachstums unerlässlich (Lisson, 1999).

Eine höchst signifikante Korrelation zeigen die Winkel SNA und NL/NSL. Die negative Korrelation der beiden Winkel bildet den Zusammenhang zwischen kleiner werdendem SNA und einer damit verbundenen Retroinklination des Oberkiefers in der Vertikalen (Lisson und Tränkmann, 1996; Yoshida et al., 1992). Die Untersuchung zu den Parametern SNA und OK-1/NL zeigt einen Zusammenhang zwischen der Verkleinerung des SNA Winkels bei gleichzeitiger Vergrößerung von OK-1/NL zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T3. Diese protrudierte Stellung der Oberkiefer Schneidezähne beschreibt die dentale Kompensation des verkleinerten sagittalen Parameters SNA, wobei zu keinem Untersuchungszeitpunkt eine signifikante Korrelation nachgewiesen werden konnte.

Positive Korrelationen zwischen der Ausbildung einer maxillären Mikrognathie und der Anzahl der Primär- und Sekundäroperationen konnten nicht nachgewiesen werden. Die Grundlage hierfür bildet die enge interdisziplinäre Zusammenarbeit des Spaltzentrums. Hierzu zählen im Wesentlichen die prä- und postoperative kieferorthopädische Behandlung sowie ein gezieltes chirurgisches Konzept zur Vermeidung von Wachstumsstörungen (Hausamen, 1986). Bei Patienten mit mehrfachen Voroperationen besteht somit nicht zwangsläufig die Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie. Der Beginn der operativen Behandlung sollte in einem Alter von 6 Monaten mit der plastischen Deckung der Lippe erfolgen. Ein früherer Zeitpunkt sollte nicht gewählt werden um in den ersten 6 Lebensmonaten das ausgeprägte Kieferwachstum nicht durch chirurgische Maßnahmen zu beeinflussen. Bei Patienten mit einseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten zeigt sich die Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie ebenso häufig wie bei Patienten mit beiderseitigen Spalten. Ein Zusammenhang zum Geschlecht des Patienten besteht nicht. Hierbei zeigen sich kontroverse Ergebnisse zu der Häufigkeitsanalyse der Le-Fort-I-Osteotomie bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten von Good (2007), wobei die Häufigkeit im Zusammenhang mit dem Spalttyp sowie einer Wachstumshemmung im Oberkiefer durch operative Eingriffe steht.

Eine maxilläre Mikrognathie konnte bei 28% der untersuchten Patienten dieser Studie nachgewiesen werden, bei diesen Patienten ergab sich somit die Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie. Im Alter von 10 Jahren lag nur bei 9% der Patienten, bei denen auch zum Untersuchungszeitpunkt T3 eine maxilläre Mikrognathie nach Definition festgestellt wurde, eine Wachstumshemmung vor. Im Alter von 15 Jahren erhöht sich dieser Wert auf 45 % der

Patienten, so kann bei etwa der Hälfte der Patienten bei denen zum Wachstumsabschluss eine maxilläre Mikrognathie nachgewiesen werden kann, diese auch im pubertären Wachstumsverlauf bereits erkannt werden. Bei 17,5% aller Patienten der Universitätsklinik des Saarlandes wurde nach Wachstumsabschluss eine Le-Fort-I Osteotomie durchgeführt. In einer Studie von Ross (1987) musste noch bei 25% der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte eine Le-Fort-I-Osteotomie durchgeführt werden, was den interdisziplinären Erfolg des Homburger Konzeptes bestätigt.

6. Schlussfolgerung

Zur Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie bei Patienten mit vollständigen ein- oder beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten auf der Grundlage der kieferorthopädischen Behandlungsergebnisse lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Die präoperative kieferorthopädische Behandlung ist unerlässlich um ein ausreichendes Kieferwachstum zu erreichen und skelettale Manifestationen dentaler Dysgnathien zu verhindern.
- Die Retrusion der Oberkiefer-Schneidezähne wird im Verlauf der Behandlung kompensiert.
- Es besteht kein Zusammenhang zwischen dem Geschlecht des Patienten und der Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie.
- Es besteht weiterhin kein Zusammenhang zwischen der Anzahl der Voroperationen und der Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie.
- Bei Patienten mit einseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten zeigt sich die Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie ebenso häufig wie bei Patienten mit beiderseitigen Spalten.

7. Literaturverzeichnis

1. ATHERTON J. D. (1967): Morphology of Facial Bones in Skulls with Unoperated Unilateral Cleft Palate. *Cleft Palate J.*, 4:18–30.
2. BIRNBAUM S., LUDWIG K.U., REUTTER H., HERMS S., STEFFENS M., RUBINI M., BALUARDO C., FERRIAN M., ALMEIDA DE ASSIS N., ALBLAS M.A., BARTH S., FREUDENBERG J., LAUSTER C., SCHMIDT G., SCHEER M., BRAUMANN B., BERGE S.J., REICH R.H., SCHIEFKE F., HEMPRICH A., PÖTZSCH S., STEEGERS-THEUNISSEN R.P., PÖTZSCH B., MOEBUS S., HORSTHEMPKE B., KRAMER F.J., WIENKER T.F., MOSSEY P.A., PROPPING P., CICHON S., HOFFMANN P., KNAPP M., NÖTHEN M.M., MANGOLD E. (2009): Key susceptibility locus for nonsyndromic cleft lip with or without cleft palte on chromosome 8q24. *Nature Genetics*, 41: 473-477.
3. BISHARA S. E. (1986): Cephalometric Comparisons of Individual From India and Mexico with Unoperated Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 23:116–124.
4. BJÖRK A., SKIELLER V. (1983): Normal and abnormal growth of the mandible. A synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. *Eur J Orthod.*, 5:1-46.
5. BROADBENT B.H. (1931): A new x-ray technique and its application to orthodontics. *Angle Orthod.*, 1:45-66.
6. BROSDA M. (1993): Kephalmetrische Untersuchungen am Fernröntgenseitenbild von fünf- bis zwölfjährigen Spaltkindern. Dissertation. Hannover. Medizinische Hochschule.
7. CAPELOZZA F. L. (1996): Isolated influences of lip and palate surgery on facial growth: comparison of operated and unoperated male adults with UCLP. *Cleft Palate Craniofac. J.* 33:51-56.
8. CAPELOZZA J. L. (1993): Craniofacial morphology of adult unoperated complete unilateral cleft lip and palate patients. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 30:4.
9. CARINCI F., PEZZETTI F. (2000): Genetics of nonsyndromic cleft lip and palate: a review of international studies and data regarding the Italian population. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 37:33-40.
10. CHAN K. T. (2003): The effects of active infant orthopedics on occlusal relationships in unilateral complete cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 40:511-517.
11. CHATZISTAVROU E., ROSS R. B. (2004): Predisposing factors to formation of cleft lip and palate: inherited craniofacial skeletal morphology. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 41(6):613-621.
12. CHRISTENSEN K., FOGH-ANDERSEN P. (1993): Cleft lip (± cleft palate) in Danish twins, 1970-1990. *Am. J. Hum. Genet.*, 47:910-916.
13. COHEN S. R., TROTMAN C. A. (1995): Cumulative operative procedures in patients aged 14 years and older with unilateral or bilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 96:267.
14. CURTIS E. J. (1961): Congenital Cleft Lip and Palate Risk Figures for Counseling. *Am. J. Dis. Child.*, 102:853-857.
15. DASKALOGIANNAKIS J., ROSS R. B. (1997): Effect of alveolar bone grafting in the mixed dentition on maxillary growth in complete unilateral cleft lip and palate patients. *Cleft Palate Craniofac. J.*,34:455.

16. DIEDRICH D. (2002): Kieferorthopädie III. 4. Aufl.: Urban& Fischer (III).
17. FRIEDE H., KASAAROS CH. (1998): Aktuelle Behandlungsprinzipien bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten aus Sicht des Kieferorthopäden. J Orofac Orthop., 59: 313-330.
18. GOOD, P. M. (2007): Frequency of Le Fort I Osteotomy After Repaired Cleft Lip and Palate or Cleft Palate. Cleft Palate Craniofac. J., 44:396–401.
19. HANKE I. A. (2008): Die Veränderungen in der Vertikalen bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten während des Wachstums. Eine klinische und röntgenologische Longitudinaluntersuchung. Dissertation. Medizinische Hochschule Hannover.
20. HAUSAMEN J. E., SCHMELZEISEN R. (2003): Mund-,Kiefer- und Gesichtschirurgie. Chirurgie Band III. Berlin: Quintessenz (III).
21. HAUSAMEN J. E. (1986): Die chirurgische Rehabilitation von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Die Quintessenz, 2:195–203.
22. HAUSAMEN J. E., TRÄNKMANN J. (1986): Planung und Durchführung einer kombinierten kieferorthopädisch-chirurgischen Behandlung in Spätfällen von Lippen- Kiefer- Gaumen- Spalten. Fortschr. Kieferorthop., 47: 547–557.
23. HEIB N. (2009): Vergleichende Untersuchung von Behandlungsergebnissen bei beiderseitigen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten; Dissertation. Medizinische Fakultät Universität des Saarlandes.
24. HEMPRICH (2009): Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten - ein interdisziplinäres Behandlungskonzept. ZM, 99:1362-1366.
25. HOFRATH H. (1931): Die Bedeutung von Röntgenfern- und Abstandsaufnahmen für die Diagnostik der Kieferanomalien. Fortschr. Orthodont., 1:232-258.
26. HONIGMANN K. (1998): Lippen- und Gaumenspalten. Göttingen: Huber.
27. HOTZ M. (1973): Kieferorthopädische Frühbehandlung bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Fortschr. Kiefer- Gesichtschir., 16/17:196.
28. HOTZ M. (1983): Orofaziale Entwicklung unter erschwerten Bedingungen. Fortschr. Kieferorthop., 44:257.
29. JACOBS H.G., JACOBS-MÜLLER C. (1977): Die morphologischen Verhältnisse bei Patienten mit einseitigen Lippen-Kiefer-Gaumenspalten im fünften Lebensjahr. Fortschr. Kieferorthop., 38:57–65.
30. JÖRGENSEN G. (1969): Ätiologie der LKG-Spalten. Med. heute., 18:293-298.
31. KAHL-NIEKE B. (2001): Einführung in die Kieferorthopädie. Urban & Fischer Verlag München.Jena
32. KÜTTNER C., HAUSAMEN J. E. (2001): Zweizeitiger Gaumenschluss im Alter von 24-30 Monaten: Langzeitergebnisse der Nasalanaz - eine Pilotstudie. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin.

33. Liao Y. F., Mars M. (2005) : Long-Term Effects of Lip Repair on Dentofacial Morphology in Patients with Unilateral Cleft Lip and Palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 42:526-532.
34. LIAO Y. F. (2002): Comparison of Craniofacial Morphology in Patients With Bilateral Complete Cleft of Primary versus Secondary Palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 39:353–356.
35. LISSON J.A. (1995): Quer- und Längsschnittuntersuchungen von Patienten mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. Behandlungsverläufe nach dem Hannoveraner Konzept. Dissertation. Medizinische Hochschule Hannover.
36. LISSON J.A., TRÄNKMANN J. (1996): Longitudinaluntersuchung von Patienten mit einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte. *Inf Orthod Kieferorthop.*, 28:337-349.
37. LISSON J.A., TRÄNKMANN J. (1997): Comparative Survey of Osteomized and Nonosteomized BCLP Patients. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 34:430–437.
38. LISSON J.A., TRÄNKMANN J. (1999): Transverse Changes after surgical closure of complete cleft lip, alveolus and palate. *Clin Oral Investig.*, 3(1):18-24
39. MARKOVIC M., CERAN S. (1989): Genetics of cleft lip and palate studied by twins. Stuttgart: Thieme.
40. MARS M. (1990): A Preliminary Study of Facial Growth and Morphology in Unoperated Male Unilateral Cleft Lip and Palate Subjects Over 13 Years of Age. *Cleft Palate J.*, 27:7–17.
41. MAULINA I. (2007): The influence of early orthodontic treatment on the growth of craniofacial complex in deciduous occlusion of unilateral cleft lip and palate patients. *Stomatologija.*, 9(3):91-6
42. MAY G., LUZI C. (1967): Variation of the overjet and overbite in normal subjects between 9 and 17 years. *Proceedings Europ Orthod Soc.*, 225-237.
43. MIETHKE R.R. (1989): Zur Lokalisationsgenauigkeit kephalometrischer Referenzpunkte. *Prakt Kieferorthop.*, 3:107-122
44. MOORE K.L., PERSAUD T.V.N (1996).: Embryologie, Lehrbuch und Atlas der Entwicklungsgeschichte des Menschen. Schattauer Verlag Stuttgart
45. NÖTZEL F., SCHULTZ CH. (2001): Leitfaden der kieferorthopädischen Diagnostik. Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV-Hanser, Köln München.
46. OPITZ C. (2002): Kieferorthopädische Behandlung von Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten Berlin: Quintessenz
47. PASLER F.A. (2003): Zahnärztliche Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme.
48. PEATH J. H. (1982): Effects of presurgical oral orthopedics on bilateral complete clefts of the lip and palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 19:100–103.

49. PFEIFER G. (1966): Morphology of the formation of clefts as a basis for treatment. Treatment of patients with clefts of lip, alveolus and palate. Unter Mitarbeit von K. Schuchardt. Stuttgart: Thieme.
50. ROSENSTEIN S.W., GRASSESCHI M., DADO D.V. (2003): A long-term retrospective outcome assessment of facial growth, secondary surgical need, and maxillary lateral incisor status in a surgical-orthodontic protocol for complete clefts. *Plastic and Reconstructive Surgery.*, 111:1-13.
51. ROSS R. B. (1987): Treatment Variables Affecting Facial Growth in Complete Unilateral Cleft Lip and Palate. Part 1: Treatment Affecting Growth. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 24:5–23.
52. ROSS R. B. (1987): Treatment variables affecting facial growth in unilateral cleft lip and palate. Part 4: Repair of the lip. *Cleft Palate J.*, 24:45.
53. ROSS R.B., MACNAMERA M. C. (1994): Effect of presurgical infant orthopedics on facial esthetics in complete bilateral cleft lip and palate. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 31:106-115.
54. SCHMELZEISEN R. (2002): Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. 1. Aufl.: Urban& Fischer.
55. SCHULZE C. (1986): Über genetische Faktoren bei der Ätiologie von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. *Journal of orofac. Orthop.*, 47:346
56. SCHULZE C. (1993): Lehrbuch der Kieferorthopädie III. Quintessenz, Berlin: Quintessenz (III).
57. SEGNER D., HASUND A. (1998): Individualisierte Kephalmetrie. 3. Auflage. Dietmar Segner Verlag Hamburg.
58. SHAPIRA Y. (1999): The distribution of clefts of the primary and secondary palates by sex, type and locations. *Angle Othod.*, 69: 523.
59. SHI M., CHRISTENSEN K. (2007): Orofacial cleft risk is increased with maternal smoking and specific detoxification-gene variants. *Am. J. Hum. Genet.*, 80(1):76-90
60. SMAHEL Z., VELEMINSKA J. (2009): Three-dimensional morphology of the palate in patients with bilateral complete cleft lip and palate at the stage of permanent dentition. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 46:399–408.
61. STARK D. (1975): Embryologie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme.
62. STIRRUPS D.R. (1989): A comparison of the accuracy of cephalometric landmark location between two screen/filmcombinations. *Angle Orthod.*, 59:211-216
63. TAMMOSCHEIT U. G. (1986): Entstehungsmechanismen von Lippen-Kiefer-(Gaumen-) Spalten. *Fortschr. Kieferorthop.*, 47:339–345.
64. TÖNDURY G. (1955): Über die Genese der Lippen-Kiefer-Gaumenspalte. *Fortschritte der Kiefer- und gesichts- Chirurgie.* Unter Mitarbeit von K. Wassmund M. Schuchardt. Stuttgart: Thieme (Bd. I.).
65. TÖNDURY G. (1976): Zur Genese der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. *Z. Kinderchir.*, 19:5–22.

66. TRÄNKMANN J. (1986): Postnatale prä- und postoperative kieferorthopädische Behandlung bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. *Die Quintessenz*, 1:69–78.
67. TROTMAN C. A., ROSS R. B. (1993): Craniofacial growth in bilateral cleft lip and palate: ages six years to adulthood. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 30:261–273.
68. WIESINGER J., HAUSAMEN J. E. (1983): Die Rehabilitation von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten- eine interdisziplinäre Aufgabe. *Niedersächs. Zahnärztebl.*, 18:13–15.
69. WILL L. A. (2000): Growth and Development in Patients With Untreated Clefts. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 37:523–526.
70. YOSHIDA H, NAKAMURA A. (1992): Cephalometric analysis of maxillofacial morphology in unoperated cleft palate patients. *Cleft Palate Craniofac. J.*, 29:419.

8. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Jörg Lisson für die Überlassung des Themas, seine freundliche Unterstützung und Motivation sowie die fachliche Beratung bei der Anfertigung dieser Arbeit.

Frau Dr. Sonja von Moeller danke ich für die freundliche Betreuung während der Einarbeitung in das Thema der Arbeit.

Besonderer Dank gilt Frau Dr. Catharina Weyrich für die stets freundliche und geduldige Betreuung beim Verfassen der Arbeit.

Danken möchte ich auch meinen Eltern für ihre Unterstützung auf meinem Berufsweg und ihren motivierenden Zuspruch während der Durchführung dieser Arbeit.

9. Publikationen

Die Ergebnisse dieser Studie wurden als Poster und im Abstractband der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie anlässlich der 84. Jahrestagung publiziert:

Weyrich C, Hauptenthal T, Lisson J. Zur Notwendigkeit einer Le-Fort-I-Osteotomie bei Patienten mit ein- und beiderseitigen LKG-Spalten. 84. Wissenschaftliche Jahrestagung der DGKFO, Dresden 23.09.2011.