

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Abteilung Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und  
Gesichtschirurgie**

**Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. S. Reinert**

**3-dimensionale Analyse der Auswirkung von  
Kieferspalt-Osteoplastiken auf die  
Gesichtsmorphologie**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard-Karls-Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von  
Nils Schuck  
aus Weiden

2007

Dekan

1. Berichterstatter

2. Berichterstatter

Professor Dr. I. B. Autenrieth

Professor Dr. Dr. S. Reinert

Professor Dr. Dr. G.Göz

*„Für die Welt bist du irgend jemand, aber für irgend jemand bist du die Welt“*

*Erich Fried*

**Gewidmet meiner lieben Frau Eva**

# 1 Inhaltsverzeichnis

1	Inhaltsverzeichnis.....	4
2	Einleitung .....	6
2.1	Ätiologie und Formen .....	8
2.2	Kausale Genese .....	11
2.3	Klassifikation von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.....	13
2.4	Häufigkeit einzelner Spaltformen .....	17
2.5	Folgeerscheinungen von Spaltbildungen .....	20
2.6	Mund-Kiefer-Gesichtschirurgische Interventionsmöglichkeiten.....	21
2.7	Osteoplastik .....	23
2.7.1	Geschichtliche Entwicklung der Osteoplastik .....	23
2.7.2	Einteilung der Kieferspaltosteoplastiken .....	27
2.8	Anthropometrische Messungen .....	28
2.8.1	3D Erfassung von Weichteilveränderungen im Gesicht.....	28
2.8.2	Digitale Stereofotogrammetrie .....	31
2.8.3	3dMD Imaging System .....	32
3	Problemstellung und Zielsetzung .....	34
4	Patienten und Methoden .....	36
4.1	Kieferspalt-Osteoplastik .....	36
4.2	Digitale Oberflächenphotogrammetrie.....	36
4.3	Messung des Abstandes zwischen Oberflächen.....	38
4.4	Messung von Volumendifferenzen .....	40
4.5	Auswahl der Messpunkte .....	41
4.6	Statistische Auswertung.....	44
5	Ergebnisse .....	47
5.1	Patienten.....	47
5.2	Abstände zwischen Oberflächen an definierten Messpunkten.....	50
5.2.1	Vergleich von Oberflächenabständen .....	50
5.2.2	Oberflächenabstände abhängig von der Seite der Osteoplastik...	52
5.2.3	Oberflächenabstände operiert vs. nicht operiert .....	58
5.3	Volumendifferenzen .....	61

5.3.1	Volumendifferenzen operiert vs. nicht operiert .....	62
5.3.2	Volumendifferenzen abhängig von der Seite der Osteoplastik .....	66
6	Diskussion.....	69
6.1	Abstände zwischen Oberflächen.....	72
6.2	Volumendifferenzen nach Osteoplastik.....	78
7	Ausblick.....	83
8	Zusammenfassung.....	84
9	Literatur.....	87
10	Danksagung.....	98
11	Lebenslauf.....	99

## 2 Einleitung

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (LKG-Spalten) werden den kraniofazialen Dysplasien zugeordnet und gehören nach Fehlbildungen der Gliedmaßen mit einem Anteil von 11-15% zu den häufigsten angeborenen Fehlbildungen. Die Inzidenz hängt signifikant von der ethnischen Zugehörigkeit ab, wobei die höchste Inzidenz von LKG-Spalten bei Amerikanern indianischer Abstammung (3,7 pro 1000 Lebendgeburten) und die niedrigste bei der Bevölkerung afrikanischer Herkunft (0,3 pro 1000 Lebendgeburten) beobachtet wurde [117].

LKG-Spalten werden als Entwicklungsanomalien auf genetischer Basis im Bereich der Kopfanlage und der ersten beiden Viszeralbögen mit den angrenzenden Furchen aufgefasst [122]. Sie können als Teil eines Syndroms oder als isolierte Spalten auftreten. Isolierte LKG-Spalten sind das Ergebnis eines nicht stattgefundenen Zusammenschlusses zwischen maxillären mesenchymalen Prozessen in der Embryonalzeit. Eine nicht stattgefundene Aufrichtung der Gaumenwülste dürfte für 90% der Gaumenspalten verantwortlich sein [36].

Ein Zusammenhang zwischen Umweltfaktoren, v.a. Nikotin, Alkohol, Antikonvulsiva und Kortikosteroiden während der Schwangerschaft, und einem erhöhten Risiko für orofaziale Spalten für das Kind ist allgemein anerkannt. Ferner existiert eine Evidenz für eine genetische Prädisposition für die Auswirkungen von mütterlichem Alkohol- und Nikotinkonsum [96].

Teils massive Störungen von Nahrungsaufnahme, Sprachbildung und Hörsinn sowie ästhetisch beeinträchtigende Gesichtsdysmorphien machen für die Betroffenen langjährige, vielschichtige therapeutische Ansätze notwendig. Diese umfassen nach Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgischer Herstellung regelrechter anatomischer Verhältnisse kieferorthopädische, zahnärztliche, Hals-Nasen-Ohren ärztliche sowie phoniatische und logopädische

Überwachung und Behandlung. Allgemein anerkannte Leitlinien zur Versorgung von Patienten mit LKG-Spalten wurden 1993 durch die American Cleft Palate Association veröffentlicht [125].

Entwicklungstechnisch ausgefeilte bildgebende Untersuchungsverfahren sind nicht nur für eine umfassende Diagnostik und Therapieplanung, sondern insbesondere auch für detaillierte Verlaufskontrollen bei Spaltenpatienten unabdingbar. Dreidimensionale Oberflächenerfassung und digitale fotogrammetrische Berechnungen gewinnen hierbei zunehmend an Bedeutung, da so Therapieergebnisse sehr genau dokumentiert, berechnet und vergleichend überlagert werden können. Der Erfolg der chirurgischen Interventionen zeigt sich erst nach Abschluss der Wachstumsphasen im Jugendlichen- bis Erwachsenenalter, so dass langjährige begleitende Untersuchungen für Kinder mit LKG-Spalten notwendig sind.

Wissenschaftler beschäftigen sich bereits seit längerem mit neuen Techniken zur Oberflächenerfassung, die die Möglichkeit gewähren, standardisierte dreidimensionale Parameter im menschlichen Gesicht zu definieren, um unter anderem chirurgische Resultate objektivierbar und vergleichbar zu machen. Prospektive klinische Studien zur Etablierung von Daten zu Weichgewebsveränderungen nach skelettalen Eingriffen fehlen bislang.

Bei der durchgeführten Studie war insbesondere von Interesse, ob anthropometrisch - mittels dreidimensionaler Fotogrammetrie - Weichgewebsveränderungen im Mittelgesicht von Spaltpatienten nach sekundärer oder tertiärer Kieferspalt-Osteoplastik beschrieben werden können. Neben Abstandsmessungen zwischen prä- und postoperativen definierten Messpunkten im Mittelgesicht wurden erstmals in der Literatur weichgewebliche Volumenänderungen im Bereich Oberlippe/Nase nach knöcherner Rekonstruktion im Kieferspaltbereich untersucht.

### **2.1 Ätiologie und Formen**

In Deutschland werden jährlich etwa 1800 Kinder mit einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte geboren. Eines von ca. 500 Neugeborenen ist davon betroffen.

Ätiologisch spielt eine genetische Disposition eine gewisse Rolle. Doch von wesentlicher Bedeutung scheinen individuelle Fehlentwicklungen während der Phase der Gesichtsbildung gegen Ende des zweiten oder zu Beginn des dritten Schwangerschaftsmonats zu sein. Ursächlich liegen wahrscheinlich Störungen der Mesenchymproliferation zugrunde. Unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklungen kommt es entweder nicht zu einer Kontaktbildung der Gesichtswülste (Hypoplasie oder falsche Wachstumsrichtung) oder die bereits gebildete Epithelmauer wird wieder aufgelöst (Nichtfusionfähigkeit des Epithels).

Lage und Entstehungsweise der Spalten können also nur aus der frühembryonalen Entwicklungsgeschichte und nicht nach der Anatomie des fertig gebildeten Gesichtes verständlich werden. Lippen-Kiefer-Gaumen-Spaltformen entstehen in der 5. bis 6. Embryonalwoche. Zu dieser Zeit stellen Lippen- und Kieferabschnitt einen einheitlichen, noch nicht voneinander getrennten Mesenchymkomplex dar, den sog. primitiven, primären oder vorderen embryonalen Gaumen (Mesenchym = embryonales Bindegewebe). Der eigentliche spätere Gaumenabschnitt wird in den folgenden beiden Wochen gebildet. Er ist mit der Vereinigung des Nasenseptums und der Gaumenhälften am Ende des zweiten Embryonalmonats oberflächlich als definitiver, sekundärer oder hinterer embryonaler Gaumen abgeschlossen. In der Tiefe erfolgt nun die Differenzierung in Knochen (späterer harter Gaumen) und in Muskulatur (späteres Gaumensegel, weicher Gaumen oder Velum).

Erreichen die Oberkieferfortsätze nicht den medialen Nasenwulst und können dann nicht das die Fortsätze bedeckende Epithel verdrängen, entstehen die einseitigen Lippen-(Kiefer-)Spalten. Bei den doppelseitigen Lippen-(Kiefer-



)Spalten kommt es beidseitig des medialen Nasenwulstes zu keiner Verschmelzung. Bei einer vollständigen Spaltbildung ragt das Zwischenkiefersegment frei in den Spaltraum hinein. Bei diesen Fehlbildungen bildet der M. orbicularis oris keinen geschlossenen Ringmuskel mehr. Kommt es bei der Entwicklung des sekundären Gaumens nicht zum gegenseitigen Kontakt der Oberkieferwülste und des Nasenseptums, entsteht eine Gaumenspalte, die je nach Ausprägung nur die Uvula, den weichen Gaumen oder als totale Gaumenspalte auch den harten Gaumen betrifft.

Insbesondere werden Lippen-Kiefer-(Gaumen-)Spalten und häufig auch isolierte Gaumenspalten beobachtet, weil beim primären und sekundären embryonalen Gaumen Störungen der induktiven Entwicklung besonders groß sind.

Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten können unilateral oder bilateral auftreten. Sog. Mikroformen als weiteres Erscheinungsbild sind sehr gering ausgeprägte Spaltbildungen. Hierbei ist auf Hypoplasien von Lippe, Nase und der oberen lateralen Schneidezähne zu achten. Auch ein hoher „gotischer“ Gaumen sowie eine Uvula bifida können eine Mikroform darstellen.

**Lippenspalten** betreffen den Bereich der Philtrumkante (Abb. 1). Der Nasenflügel ist in der Regel nach lateral abgewichen. Bei der sehr seltenen subkutanen Lippenspalte ist nur die Lippenmuskulatur gespalten während Haut und Schleimhaut intakt sind.

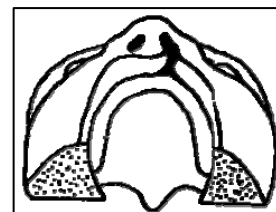


Abb. 1:  
Linksseitige Lippenspalte

Bei **Lippen-Kiefer-Spalten** (Abb. 2) ist zusätzlich zur Lippe der Alveolarfortsatz bis zum Foramen incisivum offen.

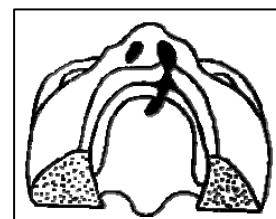


Abb. 2:  
Linksseitige Lippen-Kiefer-Spalte

**Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten** verlaufen im Lippen- und Zwischenkieferbereich seitlich, im harten Gaumen neben dem Nasenseptum und im weichen Gaumen genau in der Mittellinie. Bei einseitigen Spalten (Abb.3) ist der Vomer mit dem harten Gaumen der gesunden Seite vereinigt; bei doppelseitigen Spalten (Abb.4) haben Vomer, Zwischenkiefer und Mittelteil der Oberlippe keine Verbindung mit den Gaumenfortsätzen. Der Zwischenkiefer steht bürgelartig vor.

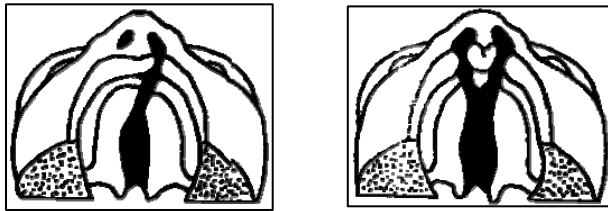


Abb. 3 und 4: Ein- und doppelseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte

**Gaumenspalten** sind immer doppelseitig bzw. median im weichen Gaumen. Vollständige Spalten beginnen direkt hinter dem Zwischenkiefer, unvollständige Spalten zwischen Foramen incisivum und Hinterrand des harten Gaumens.

**Velumspalten** stellen Spalten des weichen Gaumens und der Uvula dar. Vollständige Velum-Spalten beginnen am Hinterrand des harten Gaumens (Abb.5). Unvollständige Spalten durchsetzen nur einen Teil des weichen Gaumens (Abb. 6) und die Uvula.

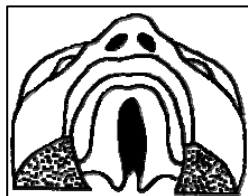


Abb. 5: Vollständige Gaumenspalte

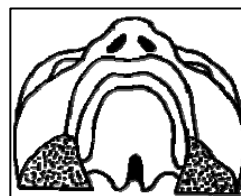


Abb. 6: Velumspalte

Abb. 1-6: Formen von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten nach Langmann [68]

Bei der sehr seltenen submukösen Gaumen-Spalte ist nur die Velummuskulatur von der Spaltbildung betroffen, während nasale und orale Schleimhaut intakt sind. Ein Hinweis auf eine submuköse Gaumenspalte kann eine Uvula bifida sein.

Mit der Spaltbreite steigt im allgemeinen der Grad der Gewebshypoplasie. Bei breiten Spalten stehen die Zahnanlagen oft hoch oder sind hypoplastisch. Am Spaltrand sind die Zähne bzw. die Zahnanlagen häufig dystop oder fehlen ganz. Bei schmalen Spalten werden häufiger Doppelanlagen des seitlichen Schneidezahns gesehen.

### **2.2 Kausale Genese**

***„Die Hasenscharten [...] kommen vornehmlich her aus einer steten Einbildung, genauer Betrachtung eines Hasen-Mauls, auch großes und plötzliches Entsetzen der Mütter, wenn sie noch schwanger gehen [...].“***

*Deutscher Wundarzt Matthäus Purmann (1642-1711), Wund Artzney 1684 [87]*

Die Ursachen der Gaumenspalten sind noch nicht vollständig verstanden. Pathogenetisch liegt ein multifaktorielles Geschehen mit additiver Polygenie und Exogenie zugrunde [106]. Der genetischen Komponente wird dabei von vielen Autoren besondere Bedeutung beigemessen.

Die Angaben in der Literatur über Erbllichkeit von Lippen-, Kiefer- und/oder Gaumenspalten schwanken zwischen 12% und 40%. Der Vererbungsmodus ist noch nicht vollständig geklärt. Die meisten genetischen Untersuchungen basieren auf Untersuchungen am Phänotyp (Segregation), der Analyse von Allelen und Linkage Analysen [83]. Es wird angenommen, dass Lippenspalten, Lippen-Kieferspalten oder Lippen-Kiefer-Gaumenspalten (Typ I) vorwiegend

rezessiv und isolierte Gaumenspalten (Typ II) unvollständig, einfach dominant vererbt werden. In neueren Untersuchungen wird ein multifaktorielles genetisches System vermutet, in dem gleichermaßen additive Polygenie und Exogenie eine Rolle spielen [71;104].

Zu den exogenen Faktoren zählen Medikamente mit teratogener Wirkung, beispielsweise Antikonvulsiva, die die Mutter während der Schwangerschaft eingenommen hat. Zu den gesichert teratogenen Medikamenten bei der Spaltentwicklung zählen Aminopterin und Thalidomid, die heutzutage als absolut obsolet gelten und deshalb keine klinische Relevanz mehr haben dürften [41]. Als bewiesen ist anzusehen, dass auch mütterlicher Nikotin- [58] und Alkoholkonsum [98] unter anderem zur Spaltbildung führen können. Eine genetische Prädisposition für die Auswirkungen von mütterlichem Alkohol- und Nikotinkonsum erscheint zudem evident [96]. Tierexperimentell ließen sich sowohl Vitaminentzug als auch –überdosierung als Ursachen von Spaltenbildungen nachweisen [85]. Besondere Bedeutung kommt dabei den Vitaminen A, B und E zu. Auch Folsäuremangel geht mit einem erhöhten Risiko für Spaltbildungen im Gesicht und Fehlbildungen des Neuralrohres einher. Bei bestehendem Kinderwunsch, spätestens jedoch bei Feststellung einer Schwangerschaft wird daher prophylaktisch die Einnahme von Folsäure empfohlen.

Der Einfluss von Kortikosteroiden als Risikofaktor für Spaltbildungen wurde sowohl in Tierversuchen als auch in epidemiologischen Studien offensichtlich. Prednison in therapeutischen Dosierungen stellt zwar kein bedeutsames teratogenes Risiko beim Menschen dar, erhöht aber das Risiko einer Spaltbildung um den Faktor 3,4 [82].

Starke Belastungssituationen (damit verbundene erhöhte Kortisolausschüttung aus der Nebennierenrinde!) [3] zählen ebenso wie Infektionen [98] zu weiteren Risikofaktoren. Wirken im ersten Trimenon Sauerstoffmangel im Blut oder ionisierende Strahlen auf den Embryo ein, ist die Wahrscheinlichkeit der Spaltbildung erhöht [6]. Der schädigende Einfluss von Röntgenstrahlen führte in

einer experimentellen Untersuchung an Mäusen zu einem signifikant erhöhten Anteil an Nachkommen mit Spaltbildungen [94].

Ein vielfach beschriebener Einfluss des Alters der Eltern ist nur teilweise bestätigt worden [16]. Bei einem mütterlichen Alter von über 40 Jahren sind allgemein kongenitale Fehlbildungen keine Seltenheit. Auch der Einfluss des väterlichen Alters wurde diskutiert [11].

Soziale Faktoren wie sozioökonomischer Status, unverheiratete Mütter und ungewollte Schwangerschaften konnten indes nicht in Zusammenhang mit vermehrten Spaltbildungen gebracht werden [97].

### **2.3 Klassifikation von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten**

Auf dem vierten Internationalen Kongress für plastische und Wiederherstellungschirurgie in Rom 1967 einigten sich Chirurgen aus über 50 Ländern auf eine einheitliche Klassifikation der Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, die in untenstehender Tabelle (Tab. 1) dargestellt ist [113].

Sie berücksichtigt die Entwicklungsgeschichte der Spaltformen, ihre anatomische Topografie, ihre Lage im Verhältnis zur Mittellinie und ihre Ausdehnung mit der Unterscheidung von vollständig oder unvollständig getrennten Geweben. Die Klassifikation zeigt dabei eine embryologische Haupt- und eine anatomische Untergliederung [84].

Die Spalten des primären embryonalen Gaumens (Gruppe 1) umfassen Lippe und Alveolus. Sie befinden sich im Grenzgebiet des Stirn-Nasenfortsatzes einerseits und der Oberkieferfortsätze andererseits. Sie können vollständig oder partiell, ein- oder beidseitig auftreten. Tritt eine Lippenspalte mit einer Gaumenspalte auf, liegt trotzdem eine primäre Spalte des primären Gaumens vor, an deren Ausprägung auch der Gaumen beteiligt ist (Gruppe 2). Isolierte Gaumenspalten werden der Gruppe der Spalten des sekundären embryonalen Gaumens zugeordnet (Gruppe 3).

Die ätiologische und humangenetische Forschung unterscheidet nur zwei Spaltgruppen, die Lippen- und die Lippen-Kiefer-Spalten (mit oder ohne Gaumenspalte), die die Gruppen 1 und 2 umfassen, und die isolierten Gaumenspalten, die in Gruppe 3 zusammengefasst sind. Alle übrigen Gesichtsspalten sind in der „Römischen Klassifikation“ (1967) in der Gruppe 4 unter den „seltenen Spaltformen“ aufgeführt [84].

<p><b>Gruppe 1 Spaltformen des vorderen (primären) embryonalen Gaumens</b></p> <p>Lippe uni- und bilateral</p> <p>Lippe und Kiefer uni- und bilateral</p>
<p><b>Gruppe 2 Spaltformen des vorderen und hinteren (primären und sekundären) embryonalen Gaumens</b></p> <p>Lippe uni- und bilateral</p> <p>Lippe und Kiefer uni- und bilateral</p> <p>Harter Gaumen uni- und bilateral</p> <p>Weicher Gaumen median</p>
<p><b>Gruppe 3 Spaltformen des hinteren (sekundären) embryonalen Gaumens</b></p> <p>Harter Gaumen uni- und bilateral</p> <p>Weicher Gaumen median</p>
<p><b>Gruppe 4 seltene Gesichtsspalten</b></p>
<p><b>Weitere Gliederung in „totale“ und „partielle“ Spalten</b></p>

Tab. 1: Klassifikation von Rom 1967, modifiziert nach Pfeifer et al. (1981) [84]

Das sog. **LAHSHAL-System nach Kriens** [65] hat sich für statistische Auswertungen gerade beim nationalen und internationalen Vergleich von Spaltvorkommen und Verteilungen bewährt.

Die Buchstaben stehen für Abkürzungen der betroffenen Strukturen:

- „L“ Lip (Lippe)
- „A“ Alveolus (Kiefer)
- „H“ Hard Palate (Hartgaumen)
- „S“ Soft Palate (Weichgaumen).

Abhängig von der Seitenverteilung der Spalte werden die Buchstaben rechts oder links von der Mittellinie (medianes „S“) notiert. Auf diese Weise werden uni- und bilaterale Formen differenziert. Nicht betroffene anatomische Teile werden durch ein Minuszeichen dargestellt. Der linke Teil des Codes bezeichnet die rechte Gesichtshälfte und umgekehrt. Die Ausprägung der Spalte wird durch die Größe des Buchstabens widergespiegelt. Komplette Spalten erhalten einen Groß-, partiell ausgebildete Spalten einen Kleinbuchstaben.

<b>Spalte des harten Gaumens</b> --H----- -----H-- --H--H--
<b>Spalte des weichen Gaumens</b> ---S---
<b>Spalte des harten und des weichen Gaumens</b> --H.S.H--
<b>Lippenspalte beidseitig</b> L-----L
<b>Lippenspalte einseitig</b> L----- -----L
<b>Spalte des harten Gaumens mit beidseitiger Lippenspalte</b> L.A-----A.L
<b>Spalte des harten Gaumens mit einseitiger Lippenspalte</b> L.A----- -----A.L
<b>Spalte des weichen Gaumens mit beidseitiger Lippenspalte</b> L---S---L
<b>Spalte des weichen Gaumens mit einseitiger Lippenspalte</b> L---S----- -----S---L
<b>Spalte des harten und des weichen Gaumens mit beidseitiger Lippenspalte</b> L.A.H.S.H.A.L
<b>Spalte des harten und des weichen Gaumens mit einseitiger Lippenspalte</b> L.A.H.S----- -----S.H.A.L

Tab. 2: LAHSHAL-System nach Kriens [65]



### **2.4 Häufigkeit einzelner Spaltformen**

In der Literatur werden über die einzelnen Spaltformen und –kombinationen unterschiedliche Häufigkeitsangaben gemacht. Am häufigsten treten Lippen-Kiefer-Gaumenspalten auf (40 bis 65%), wobei die linke Seite zweimal so häufig befallen ist wie die rechte. Lippen- und Lippen-Kieferspalten werden mit 20 bis 25%, isolierte Gaumenspalten mit 30% der Fälle angegeben.

Einseitige Spalten sind zwei- bis dreimal häufiger als doppelseitige Spalten. Das Verhältnis männlich zu weiblich ist 3:2, wie sich auch aus dem Krankengut des Tübinger Spaltzentrums ergab [49]. Äußerst selten werden komplette Lippen-Kieferspalten mit intaktem Gaumen gesehen. Gesunde Eltern mit einem Spaltkind müssen in 4% der Fälle mit der Geburt eines zweiten Spaltkindes (Lippen-Kiefer-Gaumenspalte) rechnen.

Falls ein Elternteil Spaltträger ist und ein gesundes Kind vorhanden ist, wird beim nächsten Kind in etwa zwei Prozent eine Lippen-Kiefer-Spaltbildung zu erwarten sein.

Hat ein Kind, dessen Vater oder Mutter Spaltträger ist, bereits eine Spalte, beträgt die Wahrscheinlichkeit einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte beim nächsten Kind 10%. Für das Auftreten einer isolierten Gaumenspalte liegt die Wahrscheinlichkeit jeweils höher [106].

<b>Betroffene Eltern</b>	<b>Lippen-(Gaumen-) Spalte (%)</b>	<b>Gaumenspalte (%)</b>
<b>Mutter betroffen</b>		
Betroffene Geschwister		
0	2,7	2,3
1	9,9	11,2
2	18,3	21,1
<b>Vater betroffen</b>		
Betroffene Geschwister		
0	2,3	5,0
1	9,3	14,4
2	17,6	23,9
<b>Beide Eltern betroffen</b>		
Betroffene Geschwister		
0	24,0	45,0
1	31,7	51,6
2	37,6	54,5

Tab. 3: Wiederholungsrisiko von Spalten bei Geschwistern von Betroffenen  
(nach M. Tolarova: Thesis, Charles Universität, Prag, Tschechoslowakei, 1984)

Lippen-Kiefer-(Gaumen-)Spalten treten bei Kaukasiern in ungefähr 0,6‰ der Geburten in Erscheinung. Am häufigsten werden sie mit 3,6‰ der Geburten bei Amerikanern indianischer Herkunft beobachtet. In Japan beträgt die Inzidenz ca. 2,1, in China 1,7 auf 1000 Geburten. Die niedrigste Inzidenz wird in der dunkelhäutigen Bevölkerung gesehen (0,3 pro 1000 Geburten). (Quelle: The European Collaboration on Craniofacial Anomalies, [www.eurocran.org](http://www.eurocran.org), Januar 2004/Abb.7)

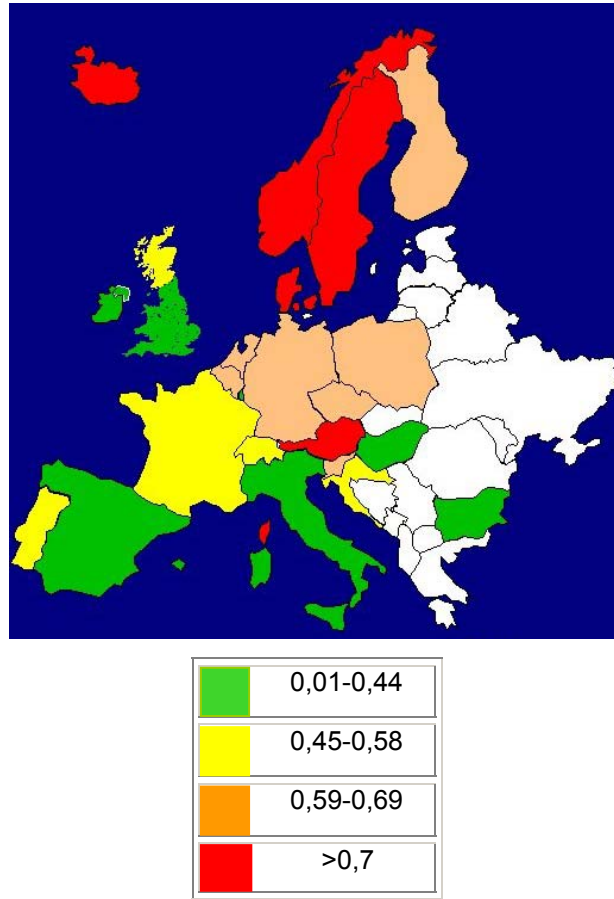


Abb. 7: Inzidenz von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten pro 1000 Geburten

Allgemein kann festgestellt werden, dass die Häufigkeit von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten stetig zunimmt, sei es durch eine verbesserte Diagnostik mit Aufdecken bereits von Mikroformen oder durch eine verminderte Säuglingssterblichkeit sowie eine stetige Verbesserung aller therapeutischen und Rehabilitationsmaßnahmen für Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten [115].

Spaltbildungen können auch mit anderen Fehlbildungen kombiniert sein. Inzwischen sind ca. 400 mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten bzw. Gaumenspalten assoziierte Syndrome bekannt [107], u.a. als chromosomales Syndrom das Velokardiofaziale Syndrom, als Nicht-Mendel'sches Syndrom das Goldenhar Syndrom sowie als Mendel'sche Syndrome das Stickler's, das Treacher Collin und Van der Woude Syndrom.

### **2.5 Folgeerscheinungen von Spaltbildungen**

Lippen-Kiefer-Gaumenspalten stellen eine schwere ästhetische und funktionelle Beeinträchtigung des Kindes dar. Zu den auffälligsten Befunden gehören neben Formfehlern von Nase und Oberlippe Deformitäten des Kieferbogens, Narbenbänder sowie Vernarbungen im Mundvorhof und im Gaumen mit der Folge starker Abflachungen des Hartgaumens und/oder Verkürzungen des Gaumensegels.

Die spaltbedingten Kontinuitätsunterbrechungen an Lippe, Alveolarfortsatz und Gaumen und die operationsbedingten Narben führen zu Entwicklungsstörungen des Mittelgesichts, des Kieferwachstums, der Funktion der inneren Nase und der Tuben. Eine intakte Lippenkontinuität und ein funktionierender intakter Ringmuskel (M. orbicularis oris) stellen die Grundlage der Stimulation des knöchernen Wachstums des Oberkiefers dar [69]. Fehlt dieser Reiz, bleiben die knöchernen Partien unterentwickelt. Auch die bei Spaltpatienten häufig zu beobachtende Nicht-Anlage der lateralen Schneidezähne führt zu einem verminderten maxillären Volumen [14].

Delaire et al. [21] unterscheiden drei verschiedene Arten an Fibromukosa im Bereich des Gaumens, deren Anatomie und Physiologie durchaus therapeutische Relevanz für Patienten mit Gaumen-Spalten haben. Die Fibromukosa im medialen und posterioren Gewölbe spielt eine entscheidende Rolle im transversalen, vertikalen und auch sagittalen Wachstum der Maxilla. Die palatinale maxilläre Fibromukosa im vorderen Anteil sowie im Bereich der Gingiva beeinflusst hauptsächlich das transversale und vertikale maxilläre Wachstum mit möglicherweise autonomem Wachstumspotential. Der gingivalen Fibromukosa kommt strukturelle Bedeutung zu.

Problematische Folgen für die Kinder können Gedeihstörungen infolge beeinträchtigter Nahrungsaufnahme sowie mangelhafte Phonation bei fehlendem Luftabschluss zwischen Nasen- und Mundhöhle sein. Durch das Größenmissverhältnis des oralen und nasalen Resonanzraumes entsteht die

typische näselnde sog. Gaumenspalten-Sprache [4]. Chronische Nasen- und Rachenkatarrhe sowie rezidivierende Mittelohrentzündungen infolge der Belüftungsstörungen von Tube und Mittelohr sowie gestörter Tubenfunktion bei nicht oder unzulänglich verschlossenem weichen Gaumen können bei Kindern zu Mittelohrschwerhörigkeit führen. Durch rezidivierende Mittelohrentzündungen kann es sekundär zu Schädigungen im Bereich des Innenohrs kommen [64;77].

Spaltpatienten können durch die Deformierungen im Lippen-Nasen- und Kieferbereich, durch Zahnstellungsanomalien und Nichtanlagen von Zähnen stigmatisiert und psychosozial stark beeinträchtigt sein. Die Rehabilitation des Lippen-, Kiefer- und Gaumenspalt-Patienten muss daher die zeitgerechte und zeitlich koordinierte Behandlung aller Primärbefunde und deren Folgen umfassen [55].

### **2.6 Mund-Kiefer-Gesichtschirurgische Interventionsmöglichkeiten**

Es gibt zahlreiche Methoden zum Spaltverschluss, deren Indikation sich aus der Spaltform und den persönlichen Erfahrungen des Operateurs ergibt. Der endgültige Behandlungserfolg kann erst 10 bis 15 Jahre später nach Abschluss der wesentlichen Wachstumsvorgänge beurteilt werden.

Die Operation bei **isolierten Lippenspalten** wird in der Regel im Alter von 3 bis 6 Monaten vorgenommen und bei durchgehenden Spalten zum Teil mit dem Verschluss weiterer Spaltabschnitte kombiniert.

Für den Verschluss der **Kieferspalte und des harten Gaumens** wäre im Hinblick auf das Wachstum des Oberkiefers der günstigste Zeitpunkt die Zeit nach Abschluss der zweiten Dentition. Nachteilig würden sich dann allerdings Behinderungen der Sprachentwicklung und der Nahrungsaufnahme auswirken. Im Hinblick auf die Sprachentwicklung und die Tubenventilation sollte der weiche Gaumen möglichst früh verschlossen werden. Schweckendiek [105] hat

daraus die Lehre gezogen, dass nach frühzeitigem Verschluss der Lippe und des weichen Gaumens Kieferspalte und harter Gaumen unter Ablösung der Gaumenschleimhaut erst nach weitgehendem Abschluss des Oberkieferwachstums operiert werden sollten, also im Alter von 12 bis 14 Jahren. Die Kinder sind bei diesem Vorgehen gezwungen, im Wachstumsalter eine Gaumenplatte zu tragen. Das Schweckendiksche Prinzip hat sich nicht allgemein durchgesetzt. Als Modifikation wird von verschiedenen Kliniken jedoch der Hartgaumenverschluss - nach frühzeitiger Operation der Lippe und des Velums bereits im Alter von 2 bis 2 1/2 Jahren, selten bis kurz vor der Einschulung vorgenommen. Die eventuell resultierenden operationsbedingten Wachstumsstörungen müssen dann durch kieferorthopädische Behandlung ausgeglichen werden.

Aufgrund der schonenden Operationstechniken gibt es kaum noch Gründe mit dem Gaumenverschluss bis ins Schulalter zu warten. Das Nahziel ist die funktionelle und ästhetische Wiederherstellung bei Schulbeginn.

Die Rehabilitation von Spalt-Patienten umfasst somit immer eine zeitgerechte und zeitlich koordinierte Behandlung der Primärbefunde und deren Folgen. Dazu gehören neben der chirurgischen Wiederherstellung und der Schaffung regelrechter anatomischer Verhältnisse die korrespondierende kieferorthopädische Behandlung, Prophylaxe und Therapie von Hörschäden einschließlich frühzeitiger logopädischer Behandlung von Sprachstörungen und Sprachentwicklungsverzögerungen, zahnärztliche Betreuung bei erhöhter Kariesanfälligkeit, gegebenenfalls frühzeitige prothetische Versorgung sowie psychologische Betreuung, die die Behandlung von Verhaltensauffälligkeiten oder depressiven Reaktionen umfasst.

An Spaltzentren arbeiten Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen mit anderen Fachärzten und Spezialisten in interdisziplinären Teams zusammen. Werden Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten in solchen spezialisierten Zentren behandelt, sinkt nach den Primäroperationen die Zahl der erforderlichen Sekundärkorrekturen. Diese komplexe Versorgung hat die

Behandlungsergebnisse in den letzten Jahren deutlich verbessert [47]. Die von den Expertenteams durchgeführten Untersuchungen finden jährlich bis zum 18. Lebensjahr, also bis zum Ende der Wachstumsphase, statt, da nicht nur Primärbehandlung, sondern beispielsweise auch Nasenatmung, Gesichtswachstum und Sprechvermögen regelmäßig kontrolliert werden müssen.

### **2.7 Osteoplastik**

Die Transplantation von Knochen in den Spaltbereich des Oberkiefers dient der anatomischen funktionellen und strukturellen Wiederherstellung des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes. Spaltbenachbarte Zähne werden knöchern unterstützt, Knochensubstanz für den Durchbruch von Zähnen im ehemaligen Spaltbereich zur Verfügung gestellt [25].

Die gewonnene Kontinuität im Alveolarfortsatz ermöglicht kieferorthopädische Anschlussbehandlungen [112]. Bei Durchführung der Osteoplastik lassen sich auch simultan oro-nasale Fisteln verschließen [26]. Durch eine Unterstützung des Nasenflügels wird die Nasenkontur verbessert. Für den Patienten verbessert sich dadurch die Gesichtssymmetrie, die zu einer Harmonisierung der Gesichtszüge führt.

#### **2.7.1 Geschichtliche Entwicklung der Osteoplastik**

Bereits zu Beginn des vorigen Jahrhunderts wurden bei Spaltkindern neben dem chirurgischem Verschluss der Lippe und des harten bzw. weichen Gaumens erste Versuche unternommen, Knochen in die Kieferspalte zu transplantieren [62;109]. Die Erfolge waren zunächst gering, möglicherweise bedingt durch den fehlenden Einsatz von Antibiotika.

Nach Schuchardt et al. wurde die Osteoplastik in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts in die Spaltchirurgie eingeführt [99-102].

Die **primäre Osteoplastik**, bei der autologer Rippenknochen in den Alveolarfortsatz eingelagert wurde, erfolgte zusammen mit dem Verschluss der Lippenspalte und damit im Säuglingsalter. Der Weichteilverschluss erfolgte zweischichtig durch nasale und orale Schleimhautlappen. Bei doppelseitigen Spalten konnte der Zwischenkiefer durch die Knocheneinpflanzung stabilisiert werden. In den siebziger Jahren wurde in longitudinalen Nachuntersuchungen offensichtlich, dass die primäre Osteoplastik vielfach die Oberkieferentwicklung hemmte und keine Vorteile brachte [24]. Entscheidende Erkenntnisse lieferten Rehrmann et al. [91] durch die statistische Analyse einer Langzeitstudie nach 10-jähriger Durchführung primärer und sekundärer Osteoplastiken. Spaltkinder, die Osteoplastiken mit autologem Knochenmark erhalten hatten, zeigten in sagittaler und in horizontaler Ebene hochsignifikant mehr Okklusionsstörungen verglichen mit Kindern, die kein Transplantat erhalten hatten. Die Erwartungen einer positiven Entwicklung des Alveolarfortsatzes durch Knochenmarktransplantation hatten sich somit nicht erfüllt. Die frühe Knochenmarktransplantation hatte bei fast allen Kindern zu einer Wachstumsverzögerung des Oberkieferzahnbogens und zu einem lokalen Wachstumsstopp des Oberkieferknochens geführt. Viele Kliniken, die die primäre Osteoplastik mit großen Erwartungen aufgegriffen hatten, gaben dieses Verfahren wieder auf. Nach heutiger Einschätzung jedoch scheinen mehr die postoperativen Vernarbungen als die Knochentransplantate selbst zu den Wachstumsstörungen des Oberkiefers zu führen. Inaktivitätsbedingt bildet sich das Knochentransplantat mit zunehmendem Patientenalter zurück, insbesondere wenn die Keimanlagen für die lateralen Schneidezähne nicht vorhanden sind [59].



<b>Nachteile der primären Osteoplastik</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Höhere Anzahl maxillärer Retrognathien, Angle Klasse III-Verzahnungen, anteriorer und lateraler Kreuzbisse und verkürzte sagittale Oberkieferlängen</b> <i>[19] [22] [42] [43] [50] [86] [60] [51] [95] [111] [110]</i></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Mittlere bis schwere Okklusionsstörungen in der Transversalen und Sagittalen sowie Mittellinienabweichungen des Oberkiefers auf die Spaltseite hin</b> <i>[92] [91]</i></li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Hemmung des Oberkieferwachstums, Resorption des transplantierten Knochens</b> <i>[7] [42] [51] [63] [91]</i></li></ul>

Tab. 4: Nachteile der primären Osteoplastik

Aufgrund der meist enttäuschenden Erfahrungen mit der primären Osteoplastik wurde dann vor allem bei beidseitigen Totalspalten vor Abschluss der zweiten Dentition die späte, **sekundäre Osteoplastik** eingeführt. Erste Versuche mit einer Osteoplastik im Wechselgebissalter führten bereits 1955 Nordin und Johanson [79] und in den 60er Jahren Hollmann [50] durch. Die Osteoplastik erfolgte zur Stabilisierung der Ergebnisse nach kieferorthopädischer Intervention.

Die eigentliche sekundäre Osteoplastik greift auf das Konzept von Boyne und Sands zurück [1;12;13]. Ziel war eine vollständige dentale Rehabilitation ohne prothetische Versorgung durch Erhalt eigener spaltständiger Zähne bzw. nachfolgendem kieferorthopädischem Lückenschluss. Zwischen dem 7. und 8. bzw. dem 9. und 12. Lebensjahr, d.h. im Wechselgebiss vor Durchbruch und

Einstellung des seitlichen Schneidezahns bzw. des Eckzahns, schien als das für die Durchführung der sekundären Osteoplastik günstigste Intervall. Die Wurzel des spaltseitigen Eckzahnes sollte zu 25 bis 50% der endgültigen Wurzellänge ausgebildet sein. Der Durchbruch des Eckzahnes durch das Transplantat sollte den transplantierten Knochen stabilisieren, wobei sich durch die folgende funktionelle Belastung die Resorption vermindert und der Umbau in einen funktionell strukturierten Alveolarknochen verbessert [1;8;56]. Durch den Durchbruch von Zähnen im Transplantatbereich wird das Wachstum des hypoplastischen Knochens in vertikaler Dimension stimuliert [8]. Die Grundlage für ein tragfähiges Prothesen- oder Implantatlager ist geschaffen [81].

Reinert et al. [93] konnten bei extrem atrophierten Oberkiefern zeigen, dass ein zweizeitiges Verfahren der osteoplastischen Rekonstruktion in Kombination mit Implantaten funktionell und ästhetisch sehr günstige Ergebnisse und somit eine sichere Grundlage für die chirurgische Rehabilitation ermöglichte.

Da das hauptsächliche Wachstum des Oberkiefers bereits zwischen dem 6. und 7. Lebensjahr, somit zum Zeitpunkt der sekundären Osteoplastik, abgeschlossen ist, fällt dessen Hemmung meist nur so gering aus, dass sie mittels kieferorthopädischer Behandlungen ausgeglichen werden kann [8]. Misserfolge treten vor allem bei Patienten mit fortgeschrittenem Alter oder bei technischen Schwierigkeiten auf [8].

Als Transplantationsmaterial wird autologer, spongiöser Knochen ("PMCB = particulate marrow and cancellous bone") beispielsweise aus dem Beckenkamm bevorzugt, der wegen der besseren Durchblutung schneller als kortikaler Knochen einheilt [13] und röntgenologisch ein vom restlichen Knochen nicht unterscheidbares Bild mit guter Dichte und trabekulärem Aufbau ergibt [116].

Nach Hemprich [47] heilt aus dem Beckenkamm entnommenes und in den Kieferspalt transplantiertes Knochengewebe in mehr als 90 Prozent der Fälle ein.

### 2.7.2 Einteilung der Kieferspaltosteoplastiken

Neben der primären Osteoplastik vor oder in der ersten Dentition und der sekundären Osteoplastik im Wechselgebiss wird heute als tertiäre Osteoplastik die Knocheneinlagerung in die Kieferspalt im bleibenden Gebiss unterschieden. Die Ziele sind auch hier neben einer Stabilisierung der Segmente und dem Verschluss oro-nasaler Fisteln die Unterstützung der Nasenflügelbasis und die Schaffung eines vollständigen Prothesen- oder Implantatlagers sowie die Beseitigung von Nischen als Grundlage für bessere hygienische Verhältnisse. Oftmals erfolgt die tertiäre Osteoplastik zusammen mit Korrekturoperationen [55;81]. Allerdings ist die Prognose schlechter einzuschätzen als bei einer sekundären Osteoplastik [55]. Es zeigt sich eine vergleichsweise geringere Höhe des interalveolären Septums. Außerdem können bei sekundären Osteoplastiken die spaltseitigen Zähne in das Transplantat hinein bewegt werden. Daraus resultiert ein belastungsfähiges Parodont mit korrekter Platzierung der Zähne. Als Komplikationen der sekundären Osteoplastik sind allerdings Retentionen des durchbrechenden Caninus sowie Teilresorptionen sowohl der Wurzeln als auch des Transplantates beschrieben [8;26].

Die Osteoplastik der Kieferspalten stellt eine wesentliche Bereicherung der Spaltchirurgie dar. Sie ermöglicht oftmals erst weitere therapeutische Schritte wie kieferorthopädische Behandlung und Nasenkorrektur und ist ein wesentlicher Bestandteil der Rehabilitation der Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten.

Zusammenfassend wird heute international folgende Nomenklatur der Osteoplastiken anerkannt:

- **Primäre Osteoplastik** für Knochentransplantation im Gebiss der ersten Dentition
- **Sekundäre Osteoplastik** für Knochentransplantation im Wechselgebiss
- **Tertiäre Osteoplastik** für Knochentransplantation im permanenten Gebiss

## **2.8 Anthropometrische Messungen**

Seit über 100 Jahren bemühen sich Anthropometriker um die Definition von Eckpunkten im menschlichen Gesicht zur Vermessung kranialer Unterschiede. Seit 1930 werden die Gesichter von Patienten mit Lippen-Gaumen-Spalten und von Kindern mit unilateralen fazialen Asymmetrien anthropometrisch untersucht [119].

Allgemein anerkannt ist, dass insbesondere Farkas die moderne faziale Weichgewebsanthropometrie und ihre Rolle in der Bewertung von Lippen-Kiefer-Spalten beeinflusst hat [118]. Durch Vermessung von mehr als 100 Größen und Größenverhältnissen bei Hunderten von Patienten und Probanden definierte er Standards für nahezu jede kraniale und faziale Messgröße [27-29]. Ein Großteil seiner fast 120 anthropometrischen Publikationen beschäftigt sich mit lateralen fazialen Dysplasien sowie mit Lippen- und Gaumenspalten. Erstmals wurde durch ihn und Lindsay ein anthropometrisches Evaluationssystem für Spaltpatienten vorgeschlagen [31;32]. Ihr System basierte auf 15 Messpunkten im Gesicht und an der Schädelbasis.

### **2.8.1 3D Erfassung von Weichteilveränderungen im Gesicht**

Zur Definition eines dreidimensionalen Modells des menschlichen Gesichts wurden von Ferrario et al. [38] die dreidimensionalen Koordinaten von 22 standardisierten Punkten im Weichgewebe benutzt. Dieses Modell erlaubte Volumenschätzungen des gesamten Gesichtes sowie Teile davon (oberes, mittleres und unteres Drittel, Nase). 40 Männer und 40 Frauen wurden mittels Infrarot-Fotogrammetrie und anschließender Volumenberechnung untersucht. Unabhängig vom Geschlecht zeigten Nase und unteres Gesichtsdrittel die größte Variabilität. Alle errechneten Volumenwerte, insbesondere im unteren Gesichtsdrittel, lagen bei den Männern signifikant höher als bei den Frauen.

In der Literatur sind unterschiedliche Methoden zur dreidimensionalen Erfassung von Weichteilveränderungen im Gesicht nach orthognathen Behandlungen beschrieben.

Berkowitz et al. bildeten durch Verbindung von supra- und subnasalen Weichgewebemarkierungen ein Koordinaten-Transformations-System, mit dem genaue numerische Vergleichsmessungen vorgenommen werden konnten [9].

Ras et al. benutzten zur Quantifizierung von Wachstums- und Entwicklungsbedingten gesichtsmorphologischen Veränderungen lineare und anguläre Messungen, die aus den mittleren 3-D-Koordinaten der bilateralen Markierungen „Exokanthion“ und „Cheilion“ und der Mittelgesichtsmarkierung „pronasal“ errechnet wurden [88]. Analysen von definierten 3-D-Gitternetzen aus gleichlangen horizontalen, vertikalen und antero-posterioren Linien werden durch Ferrario et al. [37] beschrieben.

Über Laser-Scanning als Methode für dreidimensionale Weichgewebvermessungen nach orthognathen Operationen wurde mehrfach berichtet. Moss et al. [75] untersuchten 30 Patientinnen mit Klasse II oder III Dysgnathien vor sowie drei und zwölf Monate nach Operation. Die Effekte der bignathen Operation zeigten sich nicht nur auf Maxilla und Mandibula beschränkt, Weichgewebsveränderungen waren bis zu den Kanthi beider Augen erfassbar. Morris et al. [74] bestätigten das Laser-Scanning als sensitive und genaue Methode zur quantitativen Erfassung selbst von gering ausgeprägten Weichgewebsveränderungen. Sie wendeten diese Methode in einer prospektiven klinischen Studie an, um bei Patienten nach Tragen unterschiedlicher Prothesen herauszuarbeiten, ob es dadurch zu Veränderungen des Weichgewebes kommt. Während die Position der Oberlippe in allen Gruppen stabil blieb, nahmen Protrusion und Länge der Unterlippe einschließlich des darunter liegenden Weichgewebes sowie die gesamte Gesichtslänge signifikant zu.

McCane et al. [72] untersuchten nach bignathen Umstellungsosteotomien bei Klasse III Dysgnathie-Patienten dreidimensionale Veränderungen am Knochen

und bestimmten das Verhältnis von Weich- zu Hartgewebsveränderung. Computertomografische Aufnahmen wurden vor und ein Jahr nach Durchführung der Operation angefertigt, übereinandergelegt und Veränderungen farbkodiert sichtbar gemacht. Ein konstantes Bewegungsmuster in Maxilla oder Mandibula wurde nicht offensichtlich.

O`Grady et al. [80] evaluierten unter Berücksichtigung der einzelnen Anwendungsmöglichkeiten unterschiedliche Techniken zur quantitativen Beschreibung von Gesichtsasymmetrien in drei Dimensionen, wobei die Gesichtsabbildungen am absolut symmetrischen Kopfmodell aus Plastik sowie an je einem Gipsmodell mit und ohne unilateraler Wangenaugmentation mittels Laser-Scanning erfasst wurden. Asymmetrien wurden durch Bestimmung anthropometrischer Punkte (bis auf 2 mm genaue Bestimmung der Punkte in x, y und z-Richtung im kartesischen Raum) und "Euclidean distance matrix analysis" (EDMA, Erfassung von Größen- und Formänderungen einzelner Gesichtsareale) erfasst. Die skalare Vermessung des unteren Wimpernrandes und der Lidspalte zeigte eine hohe Reliabilität. Die Zuordnung von Vektoren (clearance vector mapping) erwies sich als hilfreich, wenn anthropometrische Punkte nicht ausreichten. Volumenbestimmungen von Asymmetrien zeigten sich hilfreich bei Injektionen oder Implantaten zur Korrektur unilateraler Gesichtsdefizite.

Als neue dreidimensionale Methode zur Bestimmung volumetrischer Veränderungen im Gesicht nach orthognather Operation validierten Hajeer et al. [44] bei einem „in vitro“ und „in vivo“ Vergleich dreier unterschiedlicher Methoden die „Tetraeder-Methode“ mit dem kleinsten mittleren Messfehler vor der „Projektions-“ und der „Rückwandmethode“.

### 2.8.2 Digitale Stereofotogrammetrie

Die Stereofotogrammetrie ist eine dreidimensionale Weiterentwicklung der zweidimensionalen Fotoanalyse.

Sie stellt ein neues Verfahren zur Vermessung des menschlichen Gesichtes dar. Burke et al. [15] leisteten einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung des Verfahrens.

Bei der digitalen Stereofotogrammetrie wird ein artifizielles Muster auf das Untersuchungsobjekt projiziert und von mindestens zwei Kameras aufgezeichnet. Punkte in drei Dimensionen werden durch Triangulation zweidimensionaler Positionen von mindestens zwei Bildern zweier in verschiedenen Winkeln zum Messobjekt positionierten Kameras errechnet [61].

Das dreidimensionale Oberflächenmodell wird durch alle durchführbaren zweidimensionalen Vergleiche konstruiert.

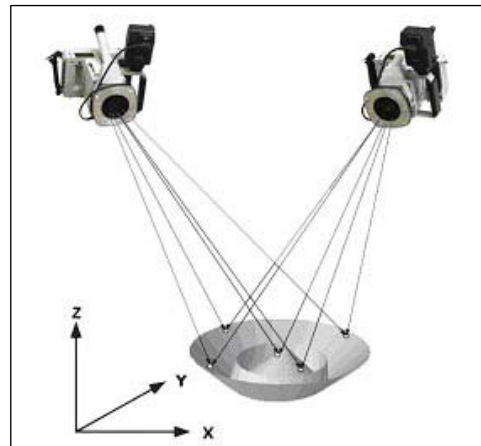


Abb. 8: Digitale Fotogrammetrie

Die Darstellung erfolgt als Gitternetz. Um ein menschliches Gesicht vollständig zu erfassen, werden vier Kameras verwendet [114]. Neben angulären und planaren Messungen können Volumenänderungen berechnet werden [61].

Gerade zur Beurteilung kraniofazialer Anomalien wie den Lippen-Kiefer-Gaumenspalten ist die Stereofotogrammetrie erprobt [89] und erschien dabei als geeignet. Entscheidende Vorteile bestehen in günstigem Preis-Leistungsverhältnis, kurzer Messzeit und fehlender Strahlenbelastung [90].

### 2.8.3 3dMD Imaging System

Die Präzision (Messgenauigkeit) der in dieser Studie verwendeten digitalen 3-D-Fotogrammetrie mit dem DSP 400 System wurde anhand von Vergleichsmessungen mit anderen Methoden an 50 Gipsmodellen von Spaltkindern überprüft [67]. Sie erwies sich dabei als fast genauso gut wie die direkte Anthropometrie und war der 2-D-Fotogrammetrie eindeutig überlegen. Das Verfahren ist somit für kraniofaziale anthropometrische Untersuchungen gut geeignet. Ein entscheidender Vorteil der Methode liegt darin, dass die Vermessungen schmerzfrei ohne Risiken auch bei wenig kooperativen Patienten wie Säuglingen in kürzester Zeit durchgeführt werden können. Insbesondere für longitudinale Beobachtungen erscheint sie hervorragend geeignet. Im Rahmen einer weiteren Untersuchung wurden mit der digitalen 3-D-Fotogrammetrie mit dem DSP 400 System 50 Gipsmodelle von unoperierten Säuglingen mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten dreidimensional vermessen und mit Standardwerten für gesunde Kinder verglichen [66]. Hierbei konnte gezeigt werden, dass abhängig vom Spalttyp für definierte Parameter der Nase sowie der Breite zwischen beiden Kanthi und beiden Augen signifikante Unterschiede bestehen.

Aber auch andere Arbeitsgruppen beschäftigten sich kürzlich mit der durch dreidimensionale Fotogrammetrie zu erreichenden Präzision und Messgenauigkeit, indem sie wie Krimmel et al. verschiedene Systeme (Genex, 3dMD Imaging System) miteinander und mit der direkten Anthropometrie verglichen [120]. Die Unterschiede waren dabei so klein, dass sie bei der klinischen Anwendung nicht bedeutsam erscheinen. Die Autoren sehen als Vorteil der dreidimensionalen Fotogrammetrie, dass die zu den kraniofazialen Oberflächen erhaltenen Daten kombiniert und statistisch verglichen werden können. Auch Aldrige et al. [2] fanden bei den Aufnahmen mit dem 3dMD Imaging System eine hohe Reproduzierbarkeit und Präzision der Daten. Die mittleren Fehler lagen sowohl bei der Digitalisierung als auch beim Imaging System abhängig von der Lokalisation der Messpunkte im Sub-



Millimeterbereich. Die wenigen Messungen mit größerem Fehler ergaben sich an der Lippenkommissur, einem stark von subtilen Bewegungen des Unterkiefers abhängigem Punkt. Eine Verwendung des 3dMD Imaging Systems sehen die Autoren in der Evaluation klinischer Dymorphologien und deren chirurgischer Korrektur und in Analysen von Genotyp-Phänotyp-Korrelationen sowie der Vererbung komplexer Phänotypen.

### 3 Problemstellung und Zielsetzung

Ziel chirurgischer Interventionen bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten ist die Wiederherstellung normaler morphologischer und funktioneller anatomischer Verhältnisse. Da die Spalten in unterschiedlichem Umfang mit Gewebshypoplasien im Bereich des Oberkiefers einhergehen, sind den heutzutage sehr guten funktionellen und ästhetischen Rekonstruktionsmöglichkeiten Grenzen gesetzt. Knöcherne Hypoplasien bedingen weichgewebliche Hypoplasien. Um die ästhetischen Ergebnisse der operativen Therapie Lippen-Kiefer-Gaumenspalten bewerten zu können, ist neben subjektiven Beurteilungskriterien die Anwendung objektiver Vermessungsmethoden notwendig. In der Literatur werden für dreidimensionale anthropometrische Analysen unterschiedliche Methoden wie 3-D-Computertomografie, Laser Surface Scanning, Fotogrammetrie (Konversion von Fotografien aus unterschiedlichen Blickwinkeln in 3-D-Modelle), Rasterstreifenanalysen und verschiedene Computer unterstützte Systeme beschrieben. Insbesondere Farkas machte sich um die Vermessung kraniofazialer Formen einschließlich fazialer Asymmetrien verdient (Farkas 1994).

Trotz großer Fortschritte in der 3-D-Technologie bereitet es nach wie vor Schwierigkeiten, Weichteilveränderungen nach chirurgischen Eingriffen mit mathematischen Modellen zu erfassen, um daraus Schlüsse auf Art und Ausmaß der weichgeweblichen Veränderungen zu ziehen. Vorhersagen über das Verhalten von knöchernem Gewebe fallen aufgrund der höheren Dichte und der statischen Verhältnisse leichter. Das ästhetische Endergebnis gestaltet sich jedoch aus Hart- und Weichgewebe. Somit werden neben 3-D-Oberflächenmodellen entsprechende volumetrische Modelle wichtig [121].

Ziel der vorliegenden prospektiven Studie ist die anthropometrische Charakterisierung von Weichgewebsveränderungen im Mittelgesicht, vor allem im Bereich zwischen Oberlippe und Nase, bei jugendlichen Patienten, die

wegen einer uni- oder bilateralen kompletten bzw. inkompletten Lippen-Kiefer-Gaumenspalte eine Kieferspalt-Osteoplastik erhielten. Die Versorgung der Kieferspalt erfolgte dabei mittels Transplantation von autologer Beckenkammspongiosa.

Mittels computergestützter dreidimensionaler Darstellung und Berechnung von Oberflächenabständen und Differenzen von Volumina im Mittelgesicht sollen intraindividuell postoperative Unterschiede erfass- und messbar gemacht werden. Es soll dabei der Frage nachgegangen werden, ob Aussagen über eine Verbesserung der spaltbedingten zentrofazialen Gesichtshypoplasie nach sekundärer Kieferspaltosteoplastik gemacht werden können.

Ferner soll geklärt werden, ob volumetrische 3-D-Messungen helfen, die Weichgewebsänderungen im Gesicht als Antwort auf zu Grunde liegenden Hartgewebsänderungen besser zu verstehen.

## **4 Patienten und Methoden**

### ***4.1 Kieferspalt-Osteoplastik***

Operativ wurde für die sekundären oder tertiären Osteoplastiken das Verfahren nach Boyne and Sands angewendet [13]. Vorteil dieser Methode ist der Erhalt der Vestibulumhöhe durch Gingiva propia-Lappen, die entscheidend ist für anschließende Kieferorthopädische Behandlungen sowie für die Beweglichkeit der Lippen.

Mittels Shepard-Stanze und scharfem Löffel erfolgte nach Knorpelinzision und -luxation über dem Beckenkamm die Entnahme von Spongiosa. Die Kieferspalt wurden bis zu ihrer vollständigen Darstellung sukzessive eröffnet. Nach weiterer Mobilisation der vestibulären Schleimhaut wurde die entnommene Spongiosa dicht gepackt in die Spalten eingelagert. Anschließend erfolgte der Wundverschluss. Das Vorliegen von Verbindungen der Kieferspalt zum Nasenboden wurde mittels Sondierung überprüft, Perforationen zum Nasenboden plastisch verschlossen. Nach Bedarf erfolgten zeitgleich Freilegungen von retinierten oder verlagerten Zähnen.

Alle Operationen wurden durch dasselbe Team ausgeführt.

### ***4.2 Digitale Oberflächenfotogrammetrie***

Die Oberflächenvermessungen mittels digitaler 3-D-Fotogrammetrie mit dem DSP 400 System wurden innerhalb von 24 Stunden vor der Kieferspalt-Osteoplastik durchgeführt. Die postoperativen Kontrollmessungen erfolgten nach Ablauf von 6 Wochen.

Das verwendete dreidimensionale System zur digitalen Fotogrammetrie (3dMD, 6 The Long Room, Summerhouse Lane, Harefield, Middlesex, UB9 6JA, United

Kingdom) ist kommerziell erhältlich. Es umfasst vier Videokameras (CCD= charge coupled device) und zwei Lichtquellen, die über eine separate Schalteinheit mit einem unter Windows NT betriebenen PC verbunden sind. Der Abstand zwischen Patientengesicht und Kamera beträgt 90 cm. Die manuell auslösbare Aufnahme erfolgt Software-gesteuert und kann vom Untersucher fortlaufend am Bildschirm überwacht werden. Durch automatischen Wechsel der Lichtquelle werden zwei Bildersätze registriert, wobei der erste mit projiziertem Graustufenmuster den Stereoprozess, der zweite mit einfachem Licht die Berechnung der Oberflächentextur verbessert. Die Aufnahmezeit beträgt insgesamt 2 Sekunden, wobei jeder Bildsatz in 8 Millisekunden aufgenommen wird mit einer Genauigkeit kleiner 0,5 mm. Zur Kalibrierung des Systems, die programmgesteuert verläuft, dient ein Referenzmuster.

Es erfolgte die Generierung eines dreidimensionalen Oberflächengittermodells, das visualisiert werden kann. Zur weiteren Verarbeitung der digitalen Rohdaten werden die dreidimensionalen Gittermodelle in ein weiteres Programm (3dMD Development Facial Viewer) aufgenommen (siehe Abbildung). Nun können verschiedene Filter-, Editierungs- und Messmethoden durchgeführt werden. Gittermodelle und schattierte Modelle können somit statisch aus beliebigen Blickwinkeln oder dynamisch am Bildschirm dargestellt werden. Die Modelle können beliebig geschnitten werden.

Prä- und postoperative Bilder können in manuell ausgewählten Bereichen ohne Weichteilveränderungen (Stirn) übereinander gelegt werden. Zur Registrierung beider Bilder wird ein iteratives Verfahren (ICP=iterated closed point) verwendet. Lineare Differenzen zwischen prä- und postoperativer Oberfläche werden errechnet und farbcodiert dargestellt. Zur Verdeutlichung der Veränderungen werden die mittleren Distanzen ausgewählter definierter Flächen hervorgehoben. Neben Flächen können Volumina und Differenzen von Volumina berechnet werden.

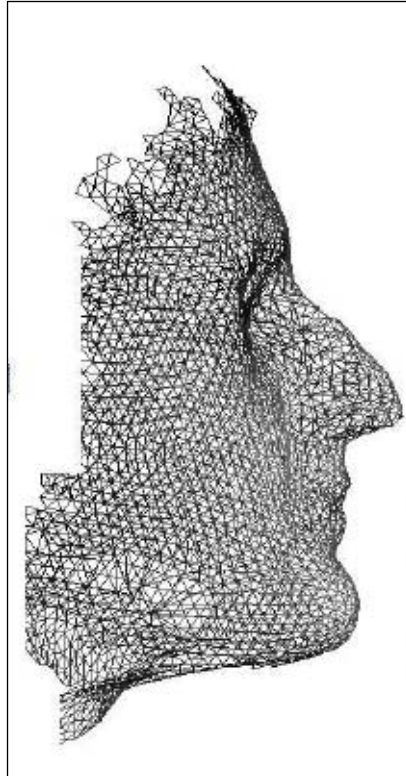


Abb. 9: 3-D konstruiertes Gittermodell eines Gesichtes

Die dreidimensionale Visualisierung von Oberflächen erfolgt computergestützt. Die Daten des Originalbildes werden im Computer als exportierbare und rechenbare Gitternetzmodelle gespeichert. Mit diesen Daten können beispielsweise Gesichtsoberflächen vergrößert oder verkleinert werden

### ***4.3 Messung des Abstandes zwischen Oberflächen***

Zur Verarbeitung der digitalen Rohdaten werden die dreidimensionalen Gittermodelle in das Programm 3dMD Development Facial Viewer aufgenommen.

Die zu unterscheidende Oberfläche wird deselektiert und unsichtbar gemacht, während die Referenzoberfläche farblich so überlagert wird, dass unterschiedliche Farbgebungen die unterschiedlichen Abstände zwischen den

beiden Oberflächen darstellen. In einem Histogramm werden die Abstandsmessungen zwischen den beiden Oberflächen dargestellt, die für Eckpunkte der Polygone auf der Referenzoberfläche bestimmt wurden.

Die Farbe blau gibt an, dass an diesem Punkt zwischen Referenz und zu unterscheidender Oberfläche kein Abstand messbar ist. Im Histogramm zeigt die Farbe rot den größtmöglichen positiven Abstand an. Die zu unterscheidende Oberfläche steht dann vor der Referenzoberfläche. Die Farbe grün stellt den größtmöglichen negativen Abstand dar. Die zu unterscheidende Oberfläche steht dann hinter der Referenzoberfläche.



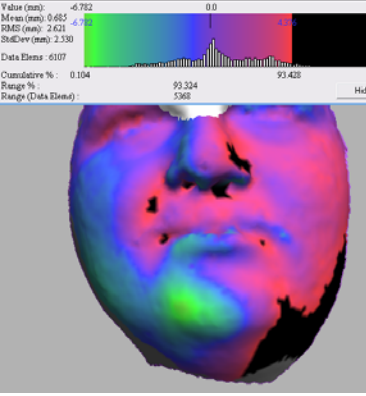
		
<p>1. Prä- und postoperative Bilder können in manuell ausgewählten Bereichen ohne Weichteilveränderungen übereinander gelegt werden.</p>	<p>2. Stirn und Nasenwurzel werden als nicht veränderlicher Bereich nach deckungsgleicher Überlagerung der Gesichtsoberflächen selektiert. Zur Verdeutlichung sind hier noch beide Gesichtsflächen dargestellt.</p>	<p>3. Mittels Histogramm werden die Abstandsmessungen zwischen den beiden überlagerten Oberflächen dargestellt, die für jeden Eckpunkt des Gitternetzes auf der Referenzoberfläche bestimmt werden können.</p>

Abb. 10: Messung des Abstandes zwischen zwei Oberflächen

#### 4.4 Messung von Volumendifferenzen

Messungen von Volumendifferenzen können erfolgen, wenn vom Benutzer zusätzlich zur Oberfläche eine glatte viereckige Fläche („coons patch“) konstruiert wird. Diese Fläche erhält man, indem vier Punkte markiert werden. Diese Punkte werden automatisch zu der Fläche („coons patch“) verbunden. Das Volumen zwischen Fläche und konstruierter Fläche wird nun berechnet. Die Messfläche auf der postoperativen Oberfläche dient als Referenz.

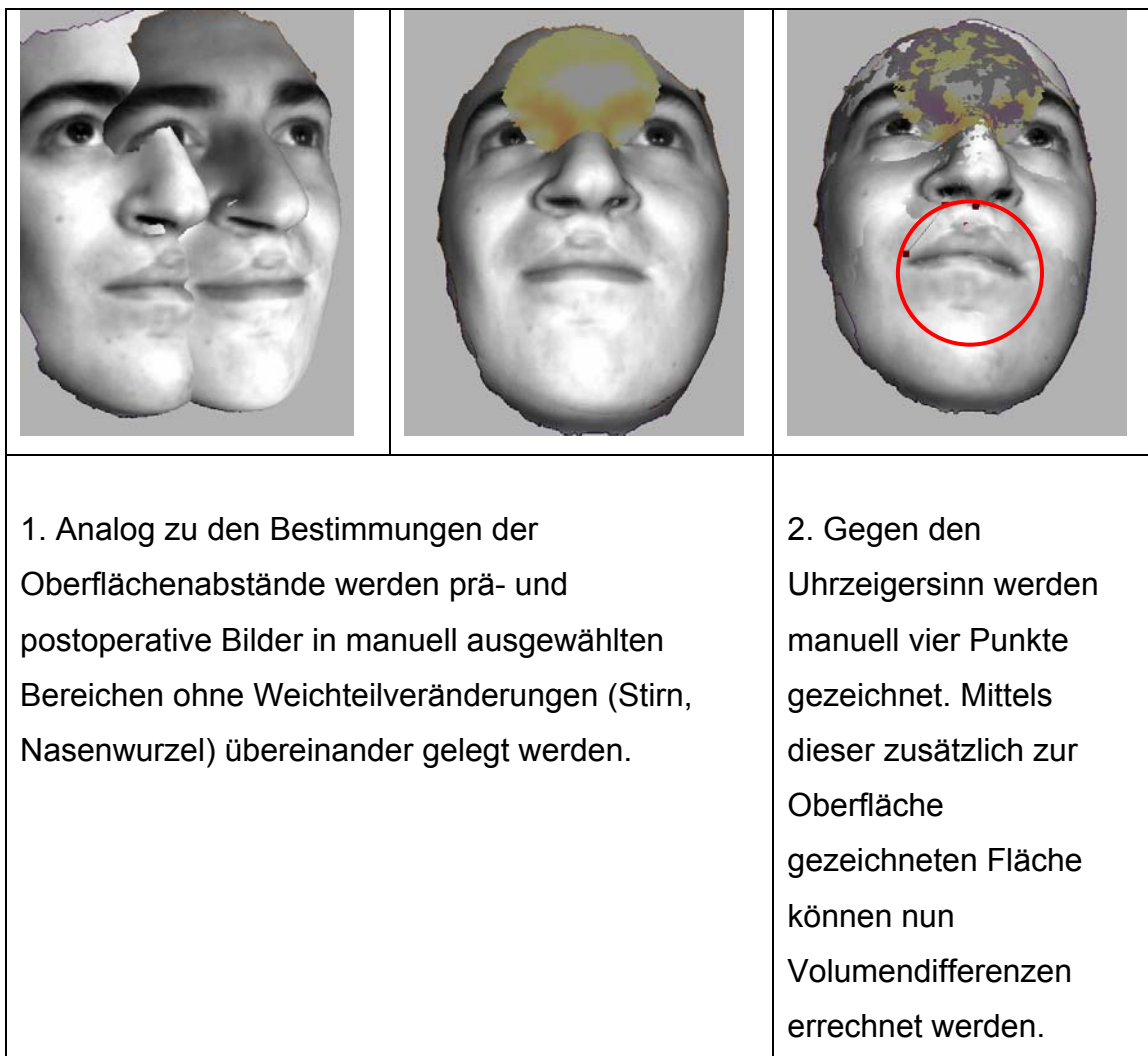


Abb. 11: Messung von Volumendifferenzen mittels „coons patch“



#### **4.5 Auswahl der Messpunkte**

Farkas stellte in etablierten Datenbanken anthropometrische Normwerte [29] zusammen, nachdem er über viele Jahre bei Hunderten von Menschen mehr als 100 Raummaße (geradlinig, winkelförmig, Oberflächenumrisse) und Proportionen ausgemessen und verglichen hatte. Hierbei haben sich 47 Punkte zur Beschreibung des menschlichen Gesichtes als geeignet herausgestellt. Nach diesen Vorgaben wurden die Messpunkte für die vorliegende Studie ausgewählt. Die nachstehende Abbildung zeigt eine Auswahl der durch Farkas definierten Messpunkte in einem Modell nach Enciso. (Quelle: [http://graphics.usc.edu/cgit/pdf/papers/SPIE\\_jan28.pdf](http://graphics.usc.edu/cgit/pdf/papers/SPIE_jan28.pdf))

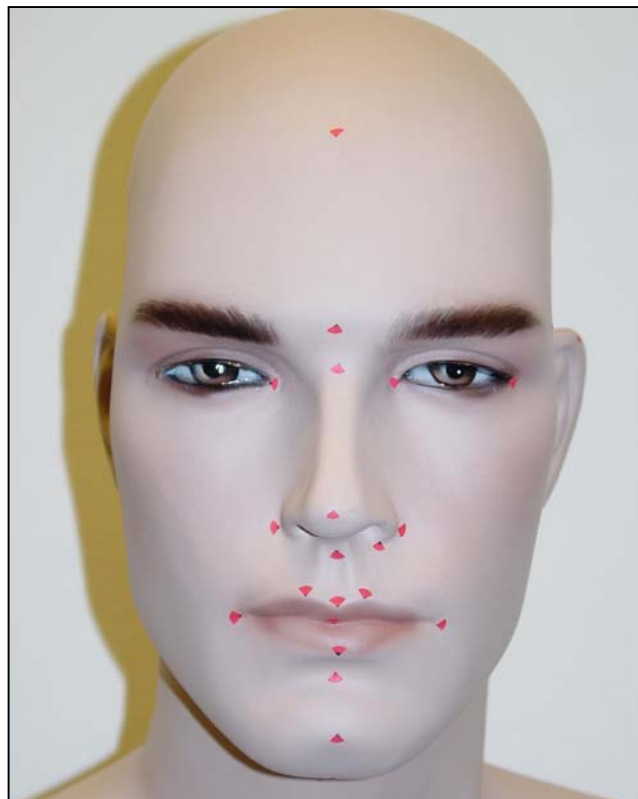


Abb. 12: Definierte anthropometrische Messpunkte nach Farkas  
(Gesichtsmodell nach Enciso)

Am Bildschirm wurde die postoperative Aufnahme des Patientengesichtes deckungsgleich über die präoperative Aufnahme gelegt. Die Übereinanderlagerung erfolgte in manuell selektierten Bereichen ohne Weichteilveränderungen, hier der Stirn und der Nasenwurzel. Als fixes Areal wurde eine kreisrunde Fläche mit je nach Gesichtgröße angepasstem Radius mit Zentrum im Bereich der Glabella festgesetzt (siehe in der Abbildung grünmarkierter Radius).

Für die Abstandsmessungen der übereinander gelagerten prä- und postoperativen Oberflächenaufnahmen wurden die Messpunkte prn (siehe Abb. 13 Punkt 1), al beidseits (Punkt 2, in Abb. 13 Darstellung wie auch bei folgenden Messpunkten nur rechtsseitig), ac beidseits (Punkt 3), sbal beidseits (Punkt 4), sn (Punkt 5), ls beidseits (Punkt 6) und ch beidseits (Punkt 7) definiert. Bei Farbumschlag nach schwarz wurde der Abstand der beiden Oberflächen in mm mit Hilfe des Histogramms abgelesen.

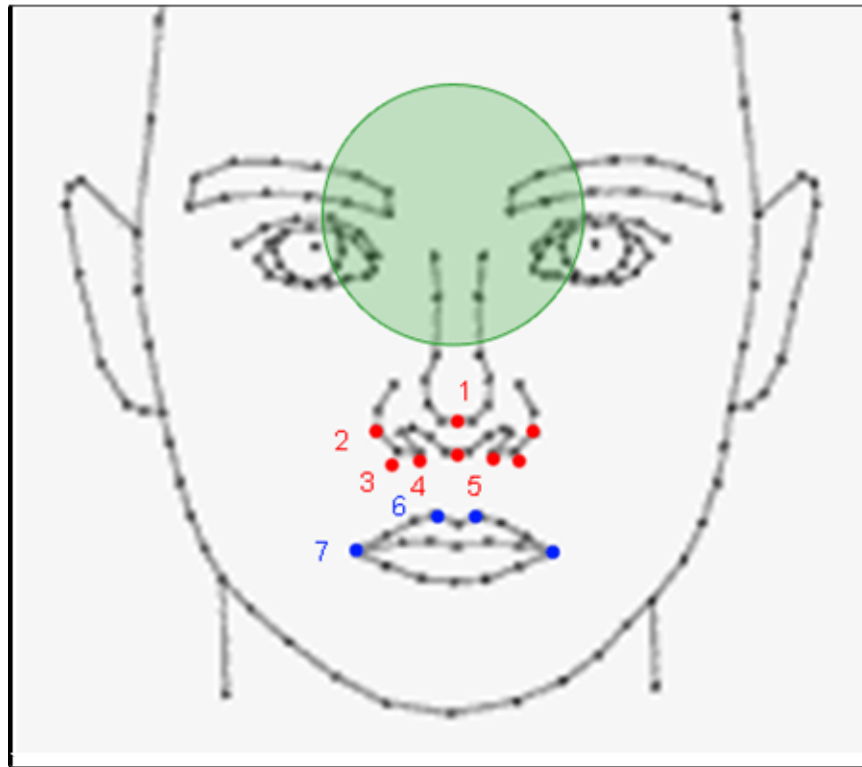


Abb. 13: Definition der Messpunkte an Nase und Oberlippe



**Fixe Markierungen zur exakten Übereinanderlagerung der Aufnahmen**

**Definitionen der gewählten Messpunkte an der Nase**

**1 prn**, pronasale, Nasenspitzenpunkt

**2 al**, alare, lateralster Punkt des Nasenflügels

**3 ac**, alare curvature, Gesichtsansatzpunkt der Nasenflügelbasis

**4 sbal**, subalare, Lippenansatzpunkt der Nasenbasis

**5 sn**, subnasale, Punkt am Schnittpunkt des Nasensteges mit dem Lippenweiß der Oberlippe

**Definitionen der gewählten Messpunkte an der Oberlippe**

**6 ls**, labiale superius, Lippenrot-weißgrenze im Bereich der Philtrumkante unterhalb des Lippenansatzpunktes der Nasenbasis

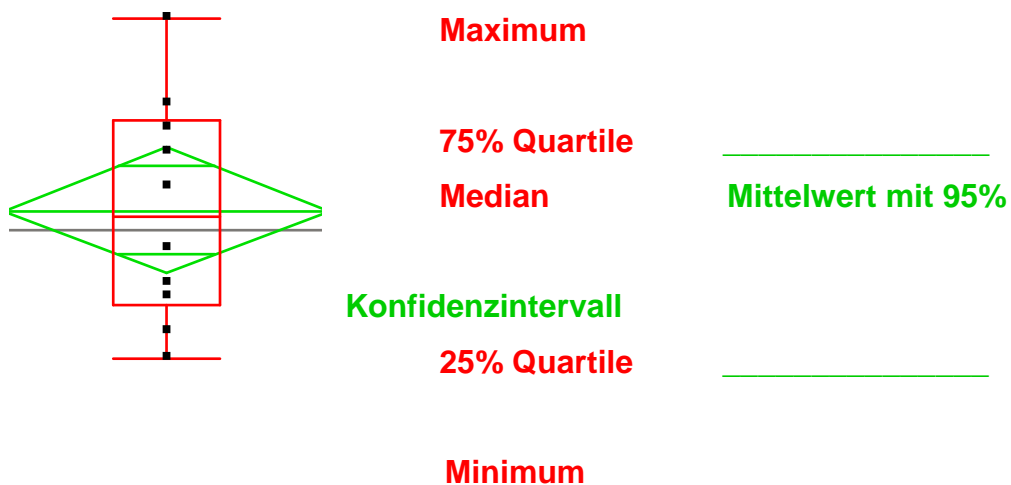
**7 ch**, cheillon, Mundwinkel

Für die Berechnung der Volumendifferenzen wurden die Punkte 5, 4, 7 und 6 gegen den Uhrzeigersinn erneut markiert und zu einer viereckigen Fläche verbunden („coon patch“).

#### 4.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in freundlicher Unterstützung durch Dr. G. Blumenstock vom Institut für Biometrie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen. Deskriptive Statistik, Tabellen und Grafiken wurden mit Hilfe der Computer-Programme Jump (JMP) und Microsoft Excel erstellt.

Zur grafischen Darstellung wurden Boxplots verwendet. Nachfolgend wird ihre für das Verständnis der Auswertung notwendige Interpretation exemplarisch dargelegt.



Grafik 1: Boxplot

Zur Überprüfung der Fragestellung, ob Patienten mit inkompletten Kieferspalten unterscheidbar andere postoperative Profiländerungen nach Osteoplastik aufweisen als Patienten mit kompletten Kiefer-Spalten, wurde eine Vier-Felder-

Tafel ausgewertet. Für die Auswertung gelangte Fisher's exakter Test zur Anwendung.

Zum Vergleich von Mittelwerten definierter Messgrößen (Abstandsänderungen und Volumendifferenzen zwischen prä- und postoperativen Gesichtsflächen) bei mindestens zwei Gruppen diente die Varianz-Analyse nach Anova. Mittlere postoperative Veränderungen von Oberflächenabständen sowie von Volumendifferenzen wurden dabei gegenüber der Nulldifferenz betrachtet.

Zur Klärung der Frage, ob sich ein relevanter Unterschied in den definierten Parametern zwischen osteoplastisch versorgten Kieferspalten bzw. Gesichtshälften und nicht operierten Gesichtshälften feststellen lässt, wurde die Differenz zwischen den Werten der definierten Parameter der operierten Seiten und denen der nicht operierten Seiten gebildet. Die Mittelwerte dieser Differenzen wurden auf signifikante Unterschiede gegenüber der Nulldifferenz als Ausgangslage geprüft.

Die statistische Signifikanz wurde im 2-seitigen t-Test geprüft. Eine Entscheidung für die Alternativhypothese erfolgt, wenn die Prüfgröße im kritischen Bereich liegt. Ein solches Ergebnis heißt in Abhängigkeit von  $\alpha$  schwach signifikant ( $\alpha=10\%$ ), signifikant ( $\alpha=5\%$ ), hoch signifikant ( $\alpha=1\%$ ) oder höchst signifikant ( $\alpha=0,1\%$ ).

Zur besseren Übersicht wurden in den Datentabellen statistisch signifikante Ergebnisse je nach Ausmaß der Signifikanz mit einer unterschiedlichen Anzahl von Sternchen (\*) markiert:

- \*\*\* höchste Signifikanz,  $p < 0,001$
- \*\* hohe Signifikanz,  $p < 0,01$
- \* Signifikanz,  $p < 0,05$
- (\*) schwache Signifikanz,  $p < 0,1$ .

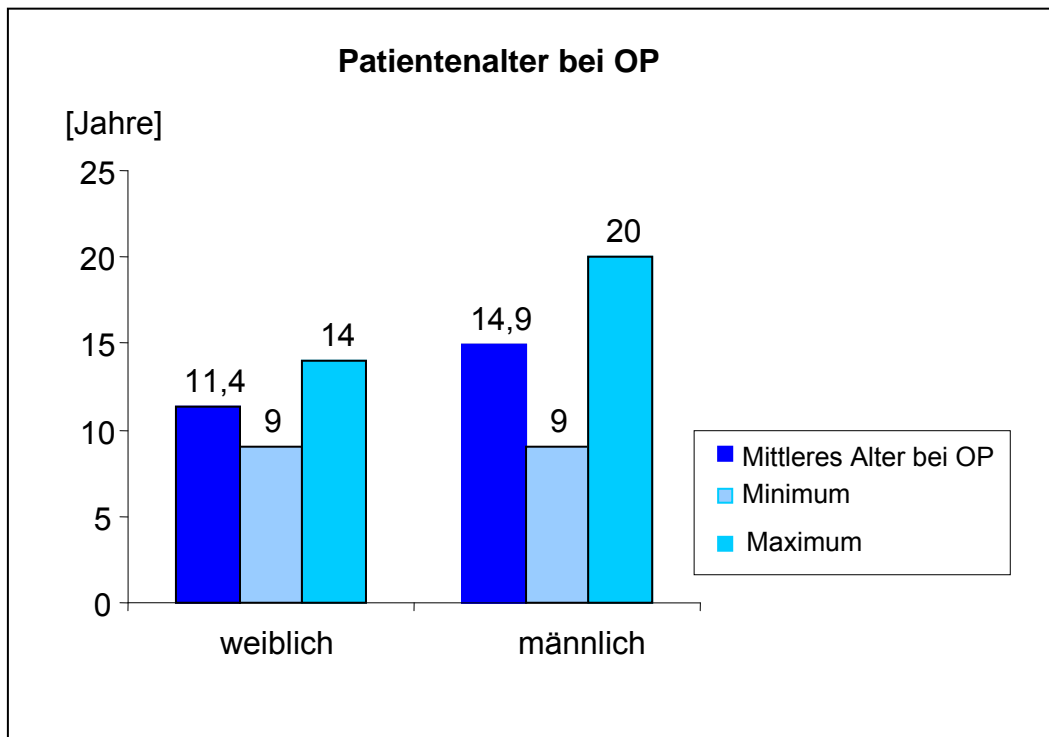
In die Auswertung einbezogene Parameter:

- Abstandverlängerungen (mm) zwischen prä- und postoperativer Gesichtsoberfläche an definierten Messpunkten (sbal, ac, al, ls, ch, sn, prn)
- Volumendifferenzen ( $\text{cm}^3$ )
- Messflächen ( $\text{cm}^2$ ), an denen durch „coon patch“ die Volumendifferenzen errechnet wurden
- Volumendifferenzen pro Messfläche (cm) zur standardisierten Wiedergabe der errechneten Volumendifferenzen
- Differenz aus Volumendifferenzen pro Messfläche aller operierten Gesichtsseiten und Volumendifferenzen pro Messfläche aller nicht operierten Gesichtsseiten

## 5 Ergebnisse

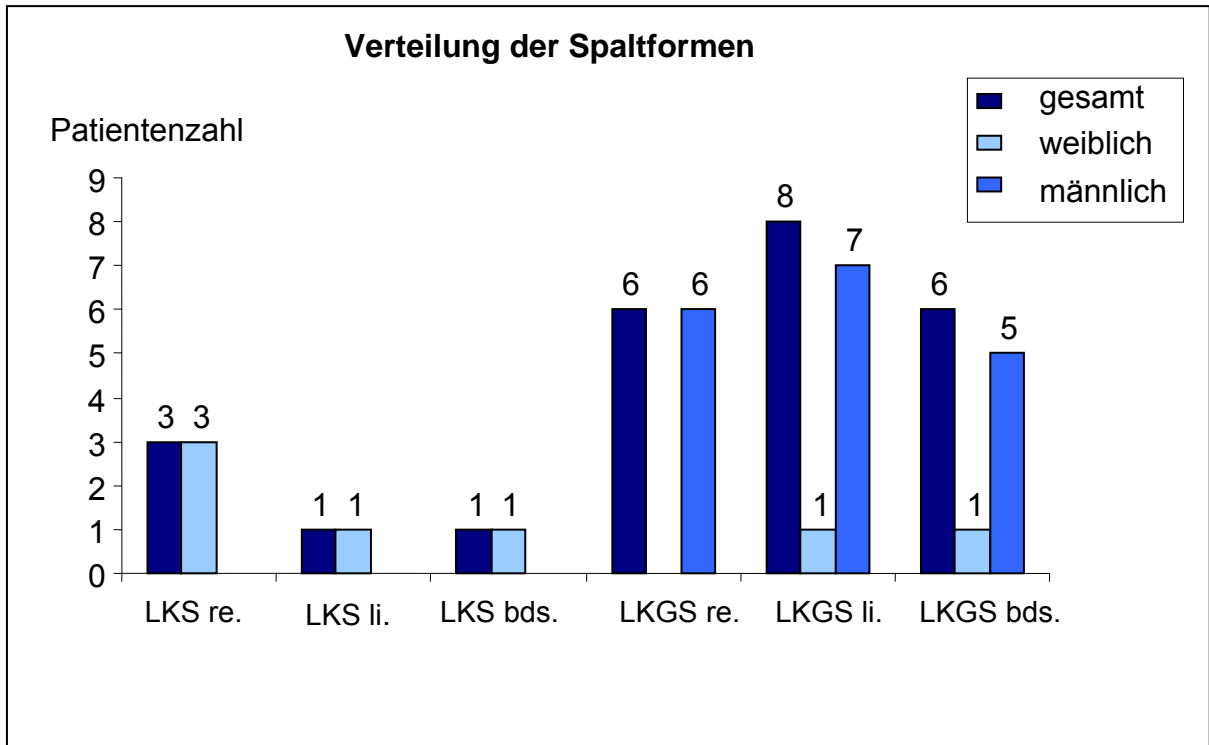
### 5.1 Patienten

Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 25 Patienten, 7 weibliche und 18 männliche, untersucht. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Kieferspalt-Osteoplastik lag bei den männlichen Patienten bei 14,9 Jahren, bei den Mädchen bei 11,4 Jahren.



Grafik 2: Patientenalter zum Zeitpunkt der Osteoplastik

Während die männlichen Patienten Lippen-Kiefer-Spalten nur in Kombination mit Gaumenspalten aufwiesen (6 rechtsseitig, 7 linksseitig, 5 beidseitig), lagen bei den weiblichen Patienten 3 rechtsseitige, 1 linksseitige und 1 beidseitige Lippen-Kiefer-Spalte vor. Eine Patientin hatte eine linksseitige, eine weitere Patientin eine doppelseitige Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte.



Grafik 3: Klassifikation der Spaltformen

Aus technischen Gründen erwiesen sich die digitalen 3-D fotogrammetrischen Aufnahmen von insgesamt 22 Patienten für die im Folgenden dargestellten Oberflächenabstands- und Volumenmessungen als auswertbar.

Von den insgesamt 22 untersuchten Patienten wiesen 18 eine komplette Kiefer-Spalte auf, 4 eine inkomplette. Von den Patienten mit inkompletter Spalte erhielten 2 eine linksseitige Osteoplastik, 1 einer rechtsseitige und 1 eine beidseitige Osteoplastik.



<b>Zusammenhang zwischen Seite der Osteoplastik und Art der Kieferspalte</b>			
<b>Osteoplastik</b>	<b>Kieferspalte</b>		<b>Summe</b>
	<b>komplett</b>	<b>I Inkomplett</b>	
<b>Links</b>			
Häufigkeit	8	2	10
Prozent	36.36	9.09	45.45
Zeilenprozent	80.00	20.00	
Spaltenprozent	44.44	50.00	
<b>Rechts</b>			
Häufigkeit	7	1	8
Prozent	31.82	4.55	36.36
Zeilenprozent	87.50	12.50	
Spaltenprozent	38.89	25.00	
<b>Beidseits</b>			
Häufigkeit	3	1	4
Prozent	13.64	4.55	18.18
Zeilenprozent	75.00	25.00	
Spaltenprozent	16.67	25.00	
<b>Summe</b>	18 81.82	4 18.18	22 100.00
<b>Exakter Test von Fisher Tabellenwahrscheinlichkeit (p) 0,1969 Pr &lt;= P 1,0000</b>			

Tab. 5: Gegenüberstellung der Patienten mit inkompletten und kompletten Kieferspalten in Abhängigkeit von der Seite der durchgeführten Osteoplastik (Vierfeldertafel, Fisher's exakter Test)

Wie die Testergebnisse mit einem p-Wert von 1.00 sowohl für das gesamte Studienkollektiv (22 Patienten, von denen 4 eine beidseitige Osteoplastik erhielten) als auch nur für die einseitig behandelten Patienten (n=18, Wertetabelle nicht dargestellt) zeigen, besteht keinerlei Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen unterschiedlichen postoperativen Profiländerungen in Abhängigkeit von der Art der Kieferspalt (inkomplett vs. komplett).

Vor dem Hintergrund der dargestellten Testergebnisse und auch der nur geringen Zahl inkompletter Kieferspalt (n=4) ist eine weiter gehende Datenanalyse nach Art der Kiefer-Spalt (vollständig vs. unvollständig) nicht sinnvoll.

### **5.2 Abstände zwischen Oberflächen an definierten Messpunkten**

#### **5.2.1 Vergleich von Oberflächenabständen**

An allen im Weichgewebe definierten Messpunkten verbesserte sich nach Durchführung der Osteoplastik statistisch höchst signifikant der mittlere Abstand zwischen prä- und postoperativer Oberfläche nach 6 Wochen im Sinne einer Projektion nach anterior ( $p < 0,001$ ).

Wie in der Übersicht dargestellt, zeigte sich an den einzelnen Messpunkten individuell eine große Streubreite. Nur in Einzelfällen war an einzelnen Messpunkten (prn, ls li., ls re., ch li., ch re., al li.) eine Projektion nach posterior messbar.

An den Messpunkten sn, sbal li., sbal re., ac li., ac re., und al re. konnten bei allen Patienten positive Vektoren nachgewiesen werden. Die im Mittel größten Projektionen nach anterior nach Osteoplastik ließen sich an den Messpunkten sbal und ac am Ansatz der Nasenflügel nachweisen.

## 5 Ergebnisse

	<b>Sn</b>	<b>Prn</b>	<b>Sbal li.</b>	<b>Sbal re.</b>	<b>Ac li.</b>	<b>Ac re.</b>
<b>MW [mm]</b>	1,135	0,586	1,533	1,682	1,260	1,495
<b>Stab [mm]</b>	0,823	0,605	1,167	0,729	0,997	0,699
<b>Max [mm]</b>	2,9	1,9	5,0	3,2	3,9	3,5
<b>Min [mm]</b>	0,08	-0,5	0,03	0,6	0,01	0,7
<b>p-Wert #</b>	0,0001***	0,0002***	0,0001***	0,0001***	0,0001***	0,0001***

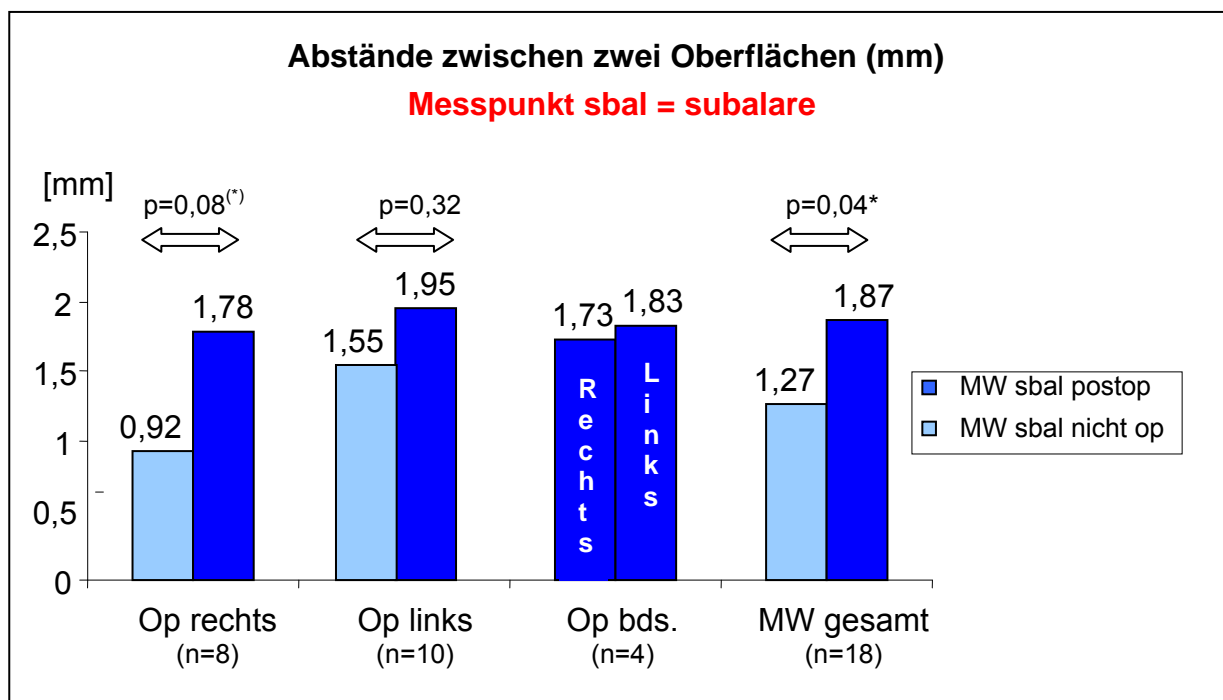
Tab. 6a: Mittlere Abstände von prä- und postoperativen Gesichtsoberflächen an definierten Messpunkten

	<b>Ls li.</b>	<b>Ls re.</b>	<b>Ch li.</b>	<b>Ch re.</b>	<b>Al li.</b>	<b>Al re.</b>
<b>MW [mm]</b>	1,001	0,943	1,22	1,035	0,714	0,871
<b>Stab [mm]</b>	1,504	1,516	1,266	1,14	0,773	0,678
<b>Max [mm]</b>	4,6	4,9	4,7	3,9	2,8	2,4
<b>Min [mm]</b>	-2,6	-2,6	-0,6	-1,3	-0,1	0,06
<b>p-Wert #</b>	0,005***	0,008***	0,0002***	0,0004***	0,0003***	0,0001***

Tab. 6b: Mittlere Abstände von prä- und postoperativen Gesichtsoberflächen an definierten Messpunkten

### 5.2.2 Oberflächenabstände abhängig von der Seite der Osteoplastik

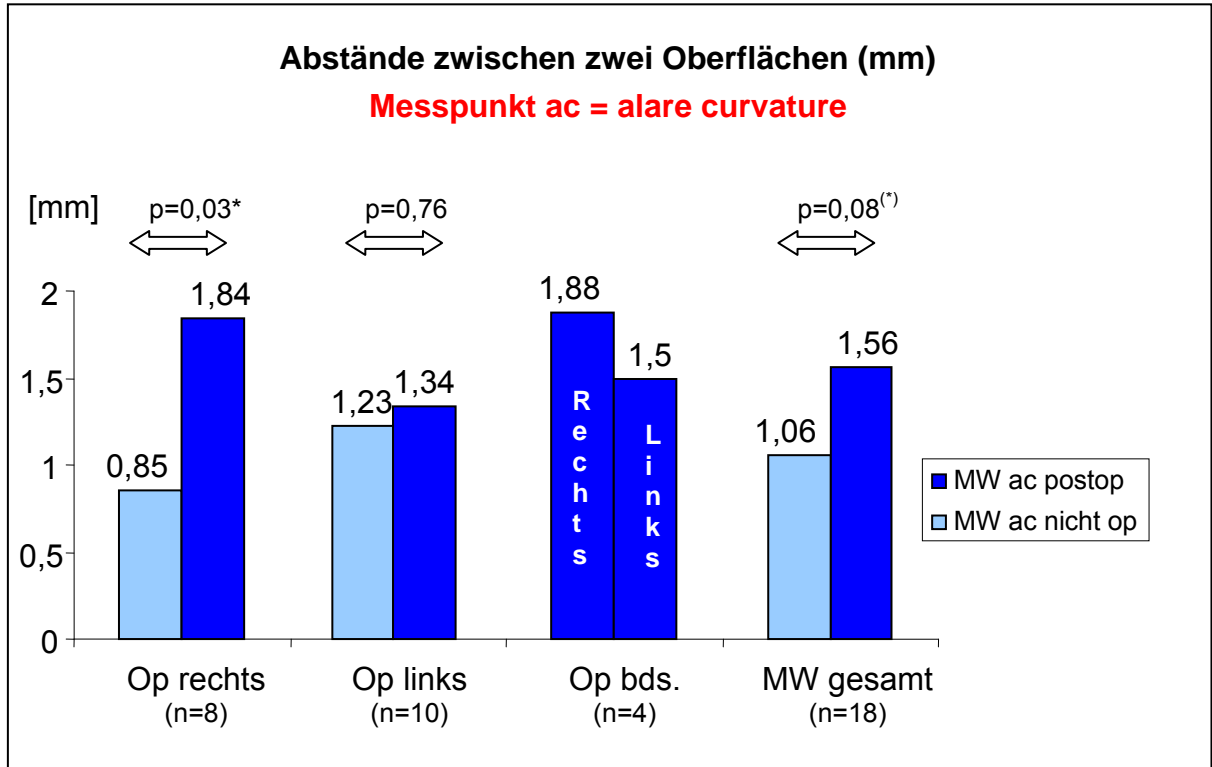
Im Folgenden sind zur Übersicht in Grafiken die erzielten mittleren Projektionen nach anterior an den definierten Messpunkten in Abhängigkeit von der operierten Gesichtsseite gegenübergestellt. Die p-Werte wurden beim Vergleich der Differenzen der Werte der operierten minus der nicht operierten Seiten gegen die 0-Hypothese errechnet.



Grafik 4: Abstände zwischen zwei Oberflächen (mm) am Messpunkt sbal=subalare

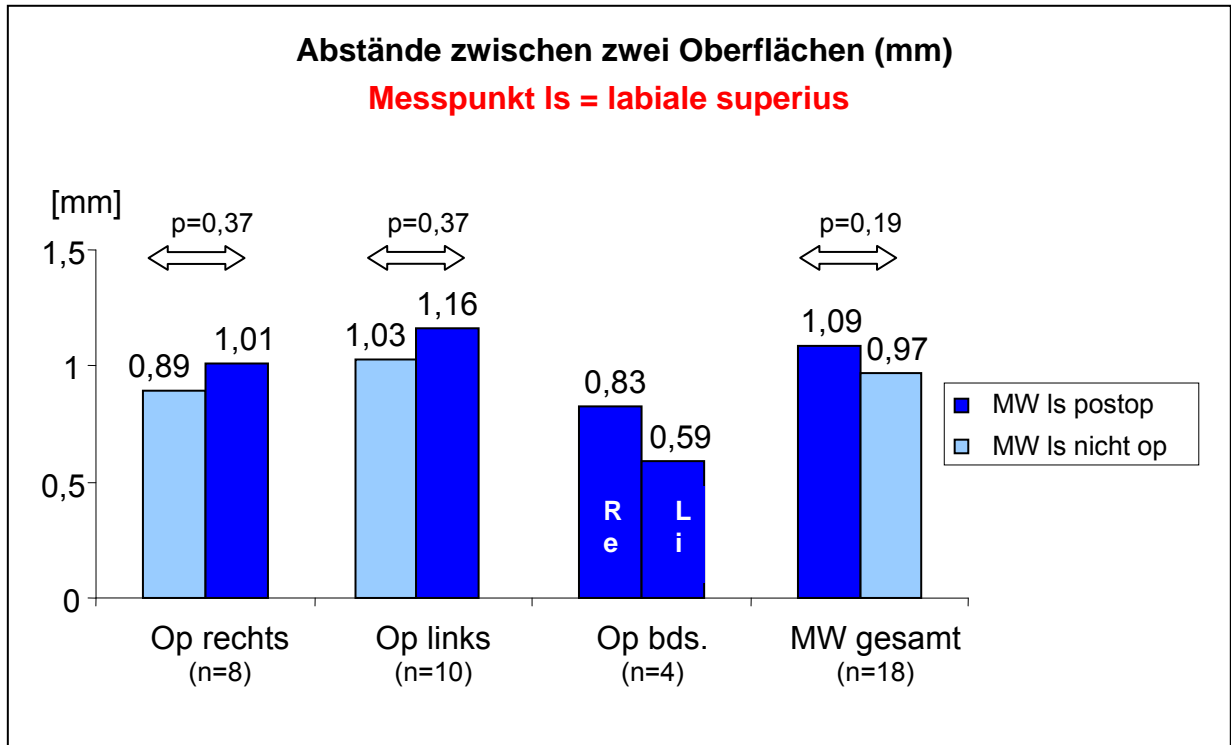
Die rechtsseitig operierten Patienten zeigten am Messpunkt sbal im Mittel einen Projektionszugewinn von 1,78 mm verglichen mit 1,95 mm bei den linksseitig operierten Patienten. Der Projektionszugewinn in den jeweils nicht operierten Gegenseiten in den Patientengesichtern war erwartungsgemäß geringer, nämlich bei rechtsseitiger Osteoplastik 0,92 mm auf der linken Seite und bei linksseitiger Osteoplastik 1,55 mm auf der rechten Seite. Beim Vergleich der

Mittelwerte der operierten und der nicht operierten Seiten ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zugunsten der operierten Seiten ( $p=0,04$ ).

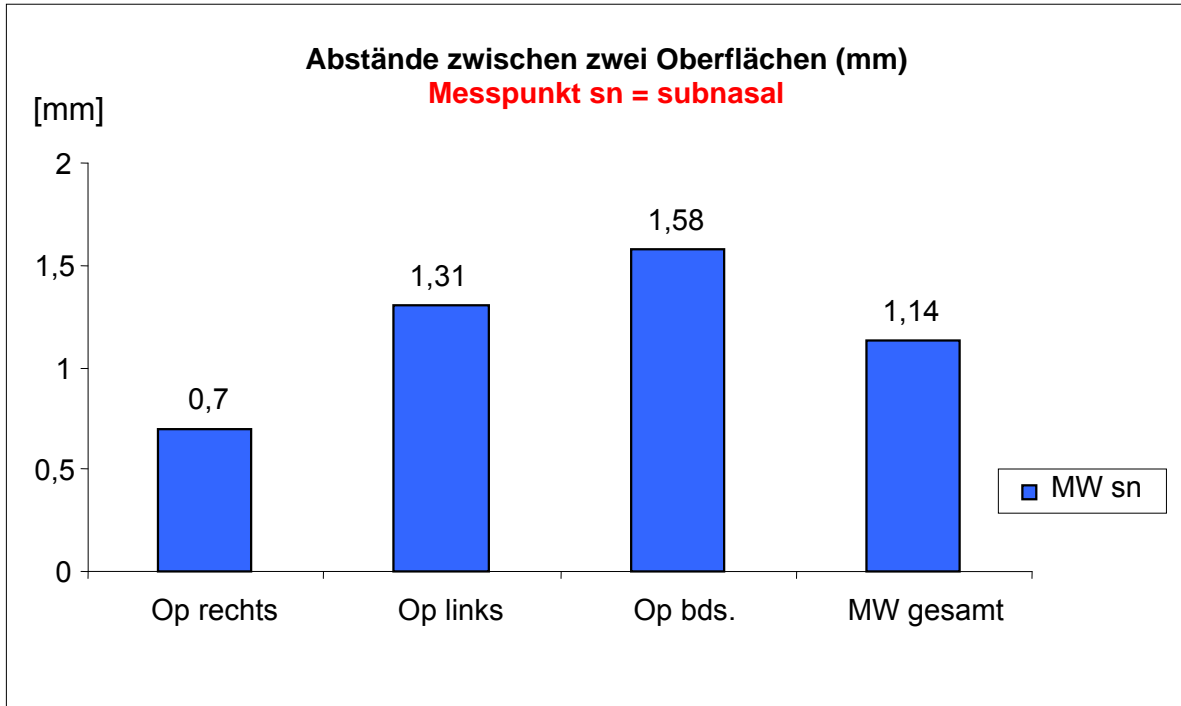


Grafik 5: Abstände zwischen zwei Oberflächen (mm) am Messpunkt ac=alare curvature

Ein ähnliches Ergebnis ergab sich am Messpunkt ac. Der Projektionszugewinn hier betrug bei rechtsseitiger Osteoplastik auf der rechten Gesichtseite im Mittel 1,84 mm verglichen mit 1,34 mm bei linksseitiger Osteoplastik auf der linken Seite. Bei rechtsseitiger Osteoplastik zeigten sich somit rechtsseitig statistisch signifikant höhere Werte verglichen mit den linksseitigen Werten ( $p=0,03$ ). Nach beidseitiger Osteoplastik zeigten sich auch beidseits Projektionszunahmen (1,88 mm links, 1,5 mm rechts). Beim Vergleich gegenüber der Nulldifferenz lagen die Mittelwerte aller operierten Seiten versus die nicht operierten Seiten statistisch schwach signifikant höher ( $p=0,08$ ).

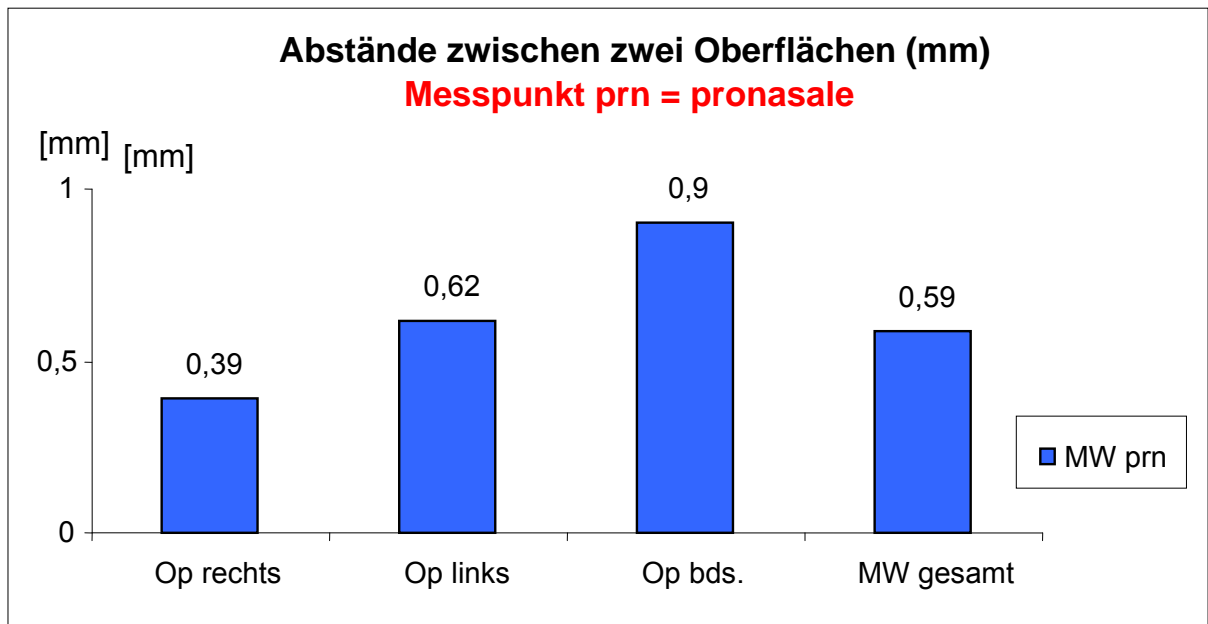


Auch die beidseitigen Messpunkte Is zeigten nach rechtsseitiger Osteoplastik rechts ein größerer Projektionszugewinn als links (1,01 mm vs. 0,89 mm). Nach linksseitiger Osteoplastik verhielt es sich genau umgekehrt (1,16 mm vs. 1,03 mm). Nach beidseitiger Osteoplastik erreichte der Projektionszugewinn postoperativ am Messpunkt Is nicht die Werte der einseitig durchgeführten Operationen (0,83 mm links, 0,59 mm rechts). Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen operierten und nicht operierten Seiten ließ sich nicht finden.



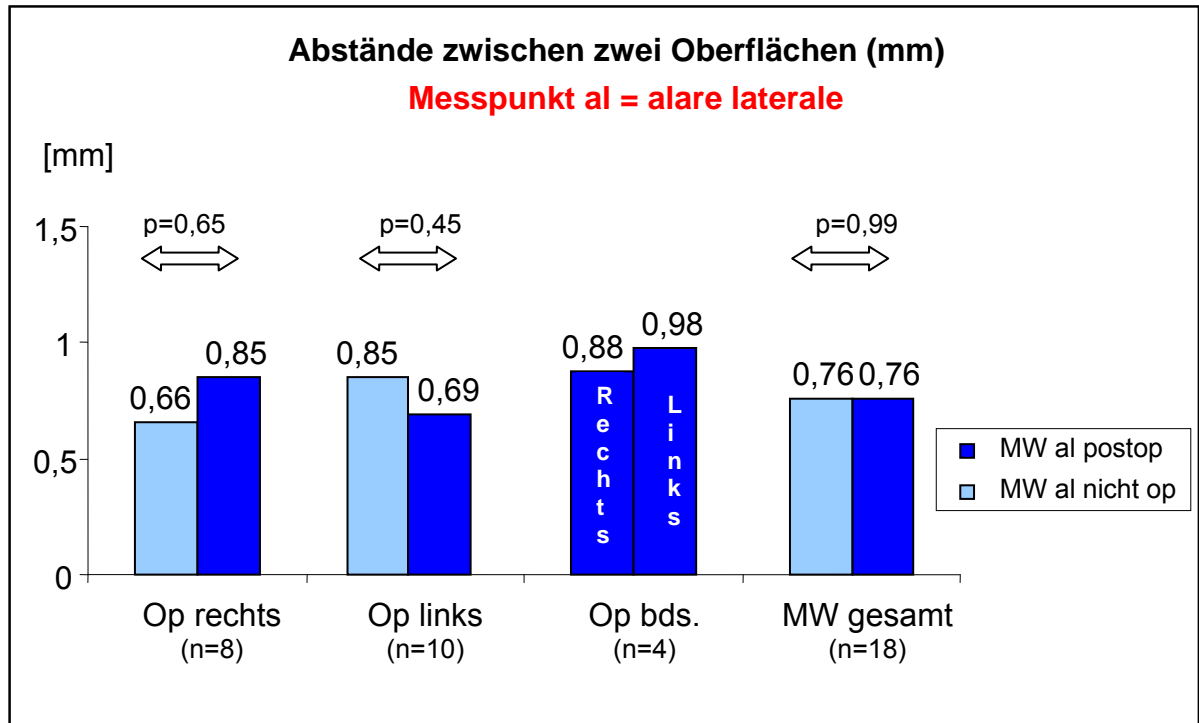
Grafik 7: Abstände zwischen zwei Oberflächen (mm) am Messpunkt sn=subnasal

Subnasal ergab sich ein Projektionszugewinn postoperativ vor allem nach beidseitiger Osteoplastik (1,58 mm), jedoch auch nach linksseitiger OP (1,31 mm) sowie nach rechtsseitiger OP (0,7 mm).



Grafik 8: Abstände zwischen zwei Oberflächen (mm) am Messpunkt prn=pronasale

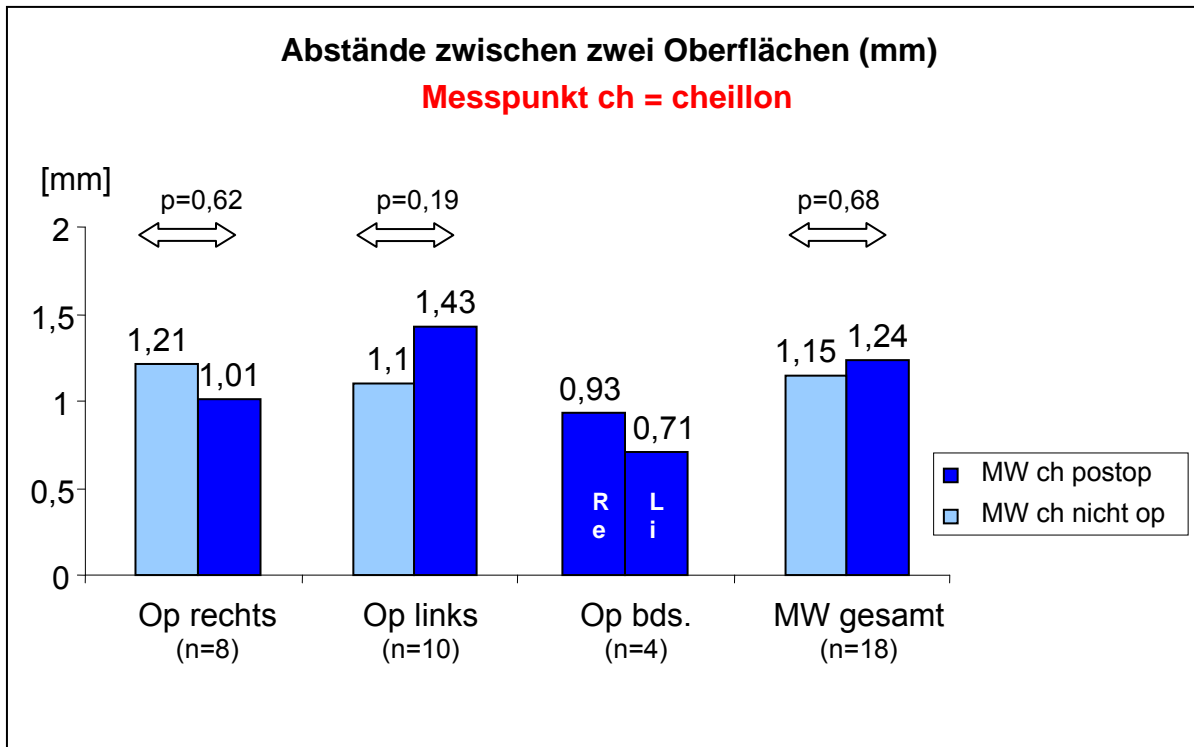
Der Nasenspitzenpunkt prn hob sich im Mittel nach rechtsseitiger OP um 0,39 mm, nach linksseitiger OP um 0,62 mm sowie nach beidseitiger OP um 0,9 mm.



Grafik 9: Abstände zwischen zwei Oberflächen (mm) am Messpunkt al=alare laterale

Der Messpunkt am lateralsten Punkt des Nasenflügels (al) zeigte sich nach linksseitiger wie nach rechtsseitiger und vor allem nach beidseitiger Osteoplastik angehoben. Während bei rechtsseitiger Osteoplastik im Mittel auch rechts (0,85 mm) im Vergleich zu links (0,66 mm) der größere Projektionszugewinn von prä- nach postoperativer Gesichtsfäche gemessen werden konnte, zeigte der bei linksseitiger Osteoplastik gemessene Mittelwert rechtsseitig (0,85 mm), nicht wie zu erwarten auch linksseitig (0,69 mm) den größeren Zugewinn an.





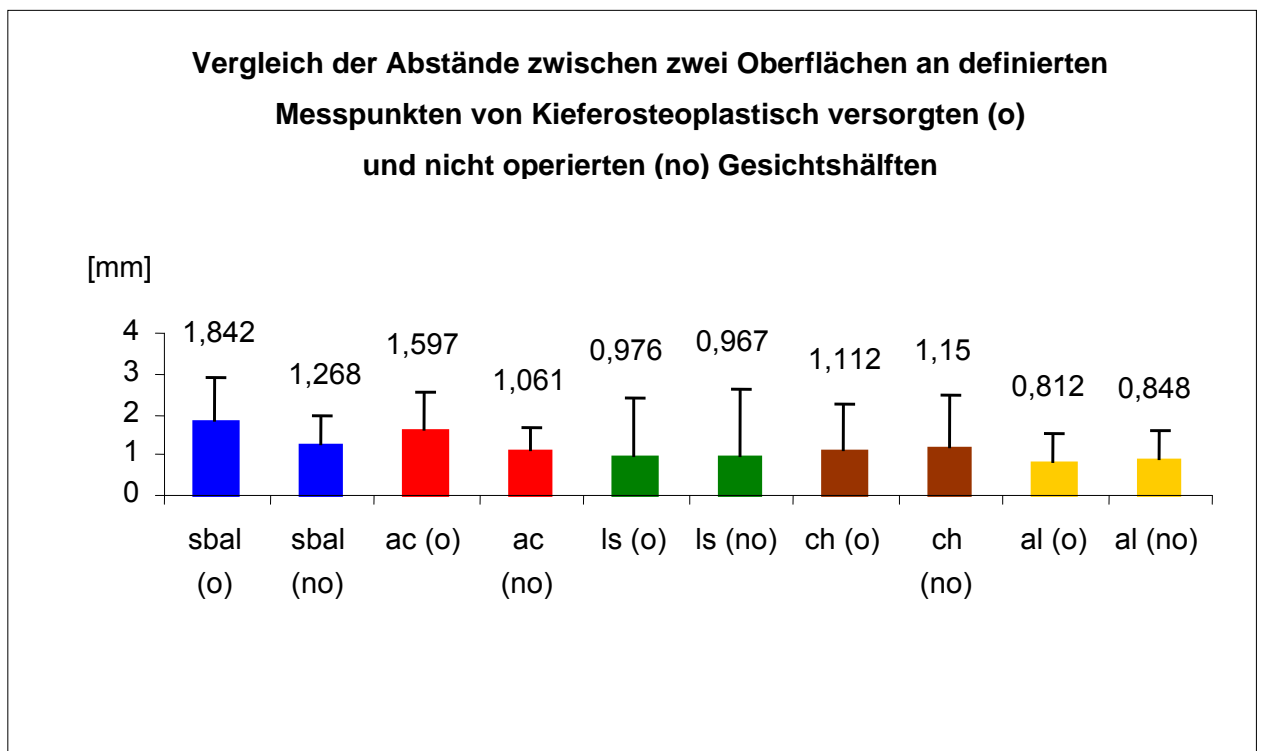
Grafik 10: Abstände zwischen zwei Oberflächen (mm) am Messpunkt ch=cheillon

Der Messpunkt ch im Mundwinkel zeigte nach linksseitiger Osteoplastik auch linksseitig den größeren Projektionszugewinn verglichen mit rechtsseitig (1,43 mm vs. 1,1 mm). Nach rechtsseitiger Osteoplastik konnte jedoch nicht erwartungsgemäß auch rechtsseitig der größere Projektionszugewinn gemessen werden.

Sowohl an den Messpunkten Is als auch an al und ch konnten weder bei der Unterscheidung nach rechtsseitig und linksseitig operiert noch nach der Differenzierung operiert und nicht operiert keine statistisch relevanten Projektionszugewinne nach Osteoplastik nachgewiesen werden.

### 5.2.3 Oberflächenabstände operiert vs. nicht operiert

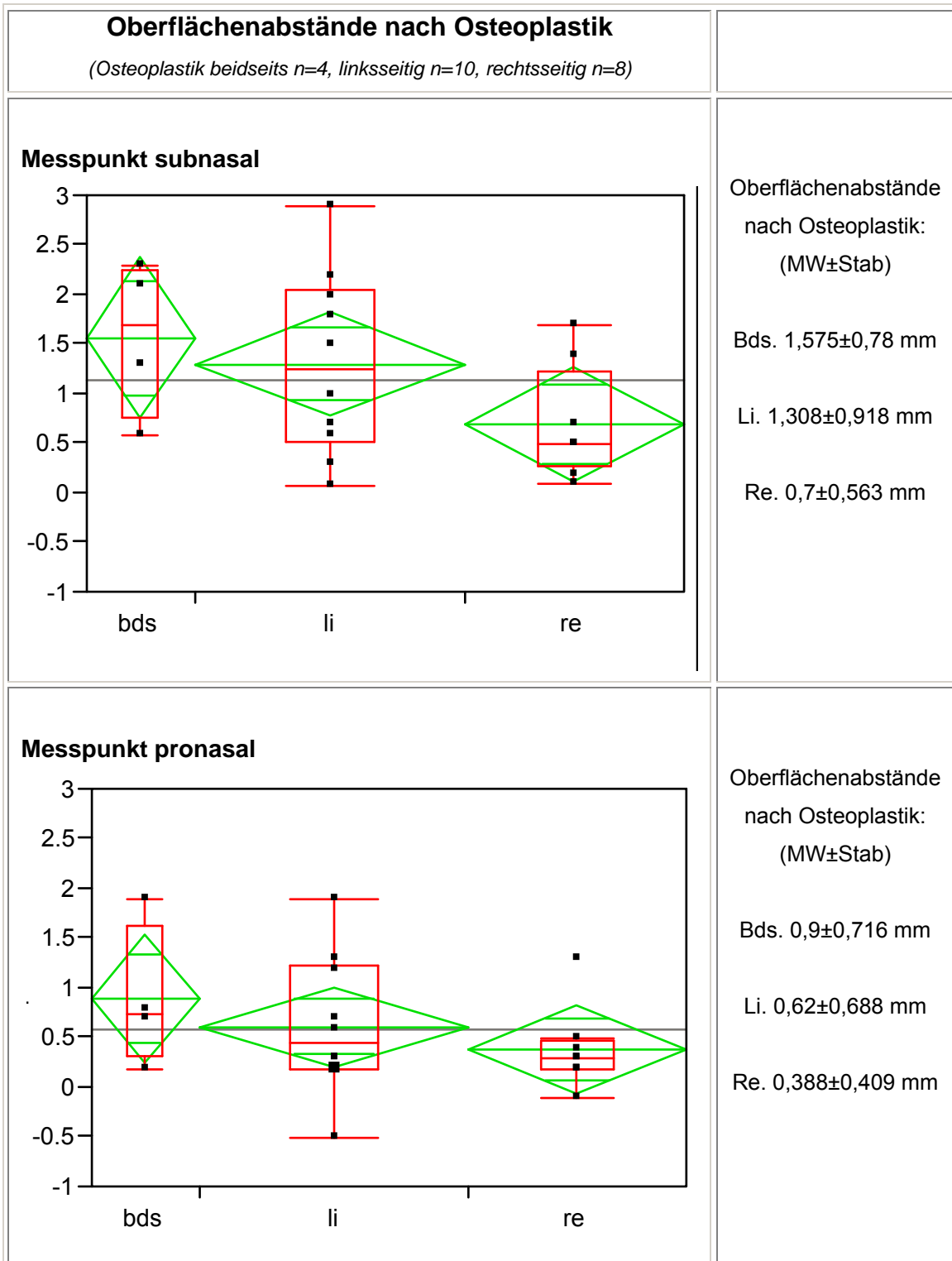
Nun wurden die mit Kieferspaltosteoplastik versorgten Gesichtsseiten den nicht operierten Gesichtsseiten gegenübergestellt und die mittleren Abstände (mm) zwischen prä- und postoperativer Gesichtsoberfläche verglichen (siehe statistische Auswertung).



Grafik 11: Vergleich der Abstände zwischen zwei Oberflächen an definierten Messpunkten von osteoplastisch versorgten (o) und nicht operierten (no) Gesichtshälften

An den beidseits gemessenen Landmarken sbal, ac und ls zeigten sich postoperativ in Einklang mit den operierten Seiten im Mittel höhere Werte im Sinne von Projektion nach anterior. An den zentrofazialen Messpunkten sn und prn zeigten sich sowohl nach linksseitiger als auch nach rechtsseitiger als auch nach beidseitiger Osteoplastik bei Betrachtung der Mittelwerte Projektionszugewinne zwischen prä- und postoperativer Gesichtsoberfläche.

Bei den beidseits osteoplastisch versorgten Patienten (n=4) verlagerten sich die Messpunkte sn und prn durchschnittlich am weitesten nach anterior.



Grafik 12: Gegenüberstellung der Oberflächenabstände nach beidseitiger, links- und rechtsseitiger Osteoplastik an den zentrofazialen Messpunkten sn und prn

Zur Prüfung, ob sich bei den durch Kieferspaltosteoplastik versorgten Gesichtsseiten relevante Projektionsänderungen im Vergleich zu den nicht operierten Seiten ergeben hatten, wurde für die beidseitig vermessenen Punkte die Differenz zwischen operierter und nicht operierter Seite gebildet und diese im 2-seitigen t-Test auf Unterschiede zur Nulldifferenz (präoperative Ausgangslage) geprüft. Um die Vergleichswerte von der jeweils nicht operierten Seite zu haben, gingen in die Analyse also nur die einseitig operierten Patienten ein.

Eine statistisch signifikante Projektionsänderung von post- zu präoperativer Oberfläche durch Osteoplastik ließ sich als einzige am Messpunkt sbal nachweisen ( $p < 0,05$ ). Ein schwach signifikanter Projektionszugewinn zwischen prä- und postoperativer Gesichtsfläche durch Osteoplastik fand sich am Messpunkt ac ( $p < 0,1$ ). Da sich hier ein „Ausreißer“ unter den Messwerten befand, ist an diesem Messpunkt möglicherweise bei größeren Fallzahlen auch eine höhere statistische Signifikanz zu erwarten.

An den Messpunkten al, ls und ch konnte keine statistisch relevante Projektionsänderung nach anterior zwischen prä- und postoperativer Oberfläche durch Osteoplastik festgestellt werden.

	<b>sbal</b>	<b>ac</b>	<b>al</b>	<b>ls</b>	<b>ch</b>
<b>Op. Seite</b> MW±Stab [mm] <i>n=18</i>	1,872±1,136	1,562±0,993	0,762±0,62	1,094±1,655	1,242±1,249
<b>Nicht op. Seite</b> MW±Stab [mm] <i>n=18</i>	1,268±0,695	1,061±0,581	0,764±0,724	0,967±1,617	1,15±1,31
<b>Differenz</b> op. minus nicht op. Seite MW±Stab [mm] <i>n=18</i>	0,604±1,18	0,501±1,146	-0,002±0,861	0,128±0,397	0,092±0,931
<b>2-seitiger t-Test</b> (Anova)	p=0,04*	p=0,08 <sup>(*)</sup>	p=0,99	p=0,19	p=0,68

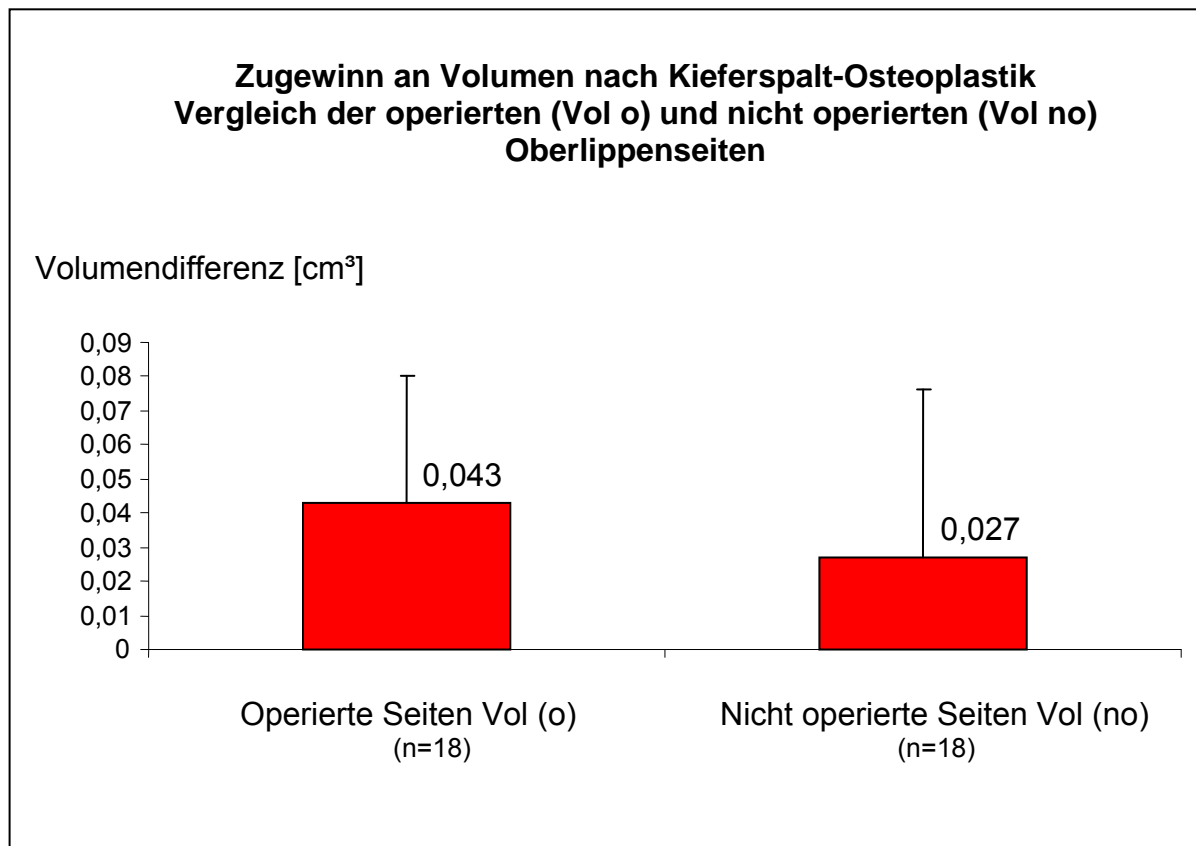
Tab. 7: Gegenüberstellung der Mittelwerte an definierten Messpunkten von operierten und nicht operierten Gesichtsseiten, Überprüfung der Differenz der Mittelwerte gegen die Nulldifferenz auf Signifikanz

### 5.3 Volumendifferenzen

Zwischen prä- und postoperativer Gesichtsoberfläche eines Patienten konnten mit Hilfe einer viereckigen Fläche („coon patch“) Volumendifferenzen im Bereich der Oberlippe berechnet werden. Die Eckpunkte der konstruierten Fläche umfassten die Punkte sn (subnasal), sbal (subalare), ch (cheillon) und ls (labiale superius).

### 5.3.1 Volumendifferenzen operiert vs. nicht operiert

Die Volumendifferenzen aller operierten Oberlippenseiten betragen  $0,043 \text{ cm}^3$  im Vergleich zu  $0,027 \text{ cm}^3$  der nicht operierten Gesichtsseiten. Die mittlere Fläche des linksseitigen „coon patch“ betrug  $2,845 \pm 0,706 \text{ cm}^2$ . Die mittlere Fläche des rechtsseitigen „coon patch“ betrug  $2,663 \pm 0,528 \text{ cm}^2$ .



Grafik 13: Volumenzugewinne nach Osteoplastik; Vergleich der operierten (Vol o) und nicht operierten (Vol no) Oberlippenseiten mit Fehlerindikator (beidseits operierte Patienten ausgeschlossen)

Es zeigte sich ein statistisch höchst signifikanter weichgeweblicher Volumenzuwachs gegen einen hypothetischen Wert von 0, betrachtet man den links- wie auch den rechtsseitigen Volumenzugewinn nach Osteoplastik ( $p < 0,001$ ).

Ebenfalls höchst signifikante positive Volumendifferenzen ließen sich bei Betrachtung aller operierten Gesichtshälften nach der Operation verglichen mit der präoperativen Situation demonstrieren ( $p < 0,001$ ). Die Durchführung der Osteoplastik hatte also postoperativ zu einer statistisch höchst signifikant messbaren Volumenvermehrung im Bereich der Oberlippe geführt.

Im „coons patch“ wurden parallel zu den Volumendifferenzen die entsprechenden Messflächen bestimmt. Daraus ließ sich der Quotient aus Volumenzugewinn pro gemessener Fläche errechnen. Auch die Quotienten „linksseitig gemessene Volumendifferenzen pro Messflächen“, „rechtsseitig gemessene Volumendifferenzen pro Messflächen“ und „von allen operierten Gesichtsseiten gemessene Volumendifferenzen pro Messflächen“ zeigten statistisch höchst signifikant höhere Werte nach Osteoplastik ( $p < 0,001$ ).

Auch die Volumendifferenzen auf allen nicht operierten Vergleichsseiten zeigten nach Osteoplastik der jeweils anderen Gesichtseite signifikante Zugewinne im Oberlippenbereich an ( $p < 0,05$ ). Der Quotient Volumenzugewinne aller nicht kieferosteoplastisch versorgten Gesichtsseiten zu entsprechenden Messflächen ergab statistisch hoch signifikante Werte ( $p < 0,01$ ).

Die Differenz aus den Volumenzugewinnen der operierten und der nicht operierten Seiten wurde errechnet und ebenfalls im 2-seitigen t-Test auf eine signifikante Abweichung gegenüber der Nulldifferenz (präoperative Ausgangssituation) getestet.

Die Differenz aus den Volumenzugewinnen der operierten und der nicht operierten Seiten zeigte statistisch keine Signifikanz. Hingegen fand sich eine statistisch schwache Signifikanz nach Bildung der Differenz aus den Quotienten Volumenzugewinne aller operierten Seiten pro Fläche minus Volumenzugewinne aller nicht operierten Seiten pro Fläche ( $p = 0,056$ ). Es ließ sich also erst ein schwach signifikanter Unterschied zwischen den Volumenzugewinnen zugunsten der mit Kieferosteoplastik versorgten

Gesichtsseiten herausarbeiten nach Standardisierung der Werte (Volumenzugewinne pro entsprechender Messfläche).

Anzumerken ist, dass in die Analyse, ob sich zwischen operierten und nicht operierten Gesichtshälften statistisch relevante Unterschiede nachweisen lassen, nur die einseitig operierten Patienten eingingen. Die jeweils nicht operierte Seite diente als Vergleichsseite.



	Mittelwert±Standard- abweichung MW±Stab	2-seitiger t-Test (Anova)
Volumenzugewinn links [cm <sup>3</sup> ]	0,039±0,046	<i>p</i> =0,0007***
Volumenzugewinn/ Fläche links [cm]	0,013±0,011	<i>p</i> =0,0001***
Volumenzugewinn rechts [cm <sup>3</sup> ]	0,030±0,036	<i>p</i> =0,0009***
Volumenzugewinn/Fläche rechts [cm]	0,012±0,014	<i>p</i> =0,0005***
Volumenzugewinn op. Seiten [cm <sup>3</sup> ]	0,043±0,037	<i>p</i> =0,0001***
Volumenzugewinn/Fläche op. Seiten [cm]	0,016±0,013	<i>p</i> =0,0001***
Volumenzugewinn nicht op. Seiten [cm <sup>3</sup> ]	0,027±0,050	<i>p</i> =0,03*
Volumenzugewinn/Fläche nicht op. Seiten [cm]	0,010±0,013	<i>p</i> =0,007***
Differenz Volumenzugewinne op. – nicht op. Seiten [cm <sup>3</sup> ]	0,016±0,048	<i>p</i> =0,17
Differenz Volumenzugewinne/Fläche op. – nicht op. Seiten [cm]	0,006±0,013	<i>p</i> =0,056 <sup>(*)</sup>

Tab. 8: Übersicht über mittlere Volumendifferenzen und Volumendifferenzen pro Messflächen

### 5.3.2 Volumendifferenzen abhängig von der Seite der Osteoplastik

Dargestellt sind im Folgenden die Parameter Volumenzugewinn sowie Quotient aus Volumenzugewinn pro Messfläche in Abhängigkeit von der Seite, auf der die Kieferspalt-Osteoplastik durchgeführt worden war.

	Durchführung der Osteoplastik			Varianzanalyse <i>p</i> -Wert
	Beidseits (bds.)	Linksseitig (li.)	Rechtsseitig (re.)	
<b>Volumenzugewinn links [cm<sup>3</sup>]</b>	<i>n</i> =4 0,020±0,008	<i>n</i> =10 0,037±0,040	<i>n</i> =8 0,050±0,061	<i>p</i> =0,578
<b>Volumen/Fläche links [cm]</b>	0,010±0,003	0,011±0,010	0,017±0,014	<i>p</i> =0,302
<b>Volumenzugewinn rechts [cm<sup>3</sup>]</b>	0,043±0,029	0,008±0,028	0,050±0,035	<i>p</i> =0,024*
<b>Volumen/Fläche rechts [cm]</b>	0,014±0,010	0,004±0,009	0,021±0,014	<i>p</i> =0,01**

Tab. 9: Übersicht über Volumendifferenzen und Volumendifferenzen pro Messflächen in Abhängigkeit von der Seite der Kieferspalt-Osteoplastik

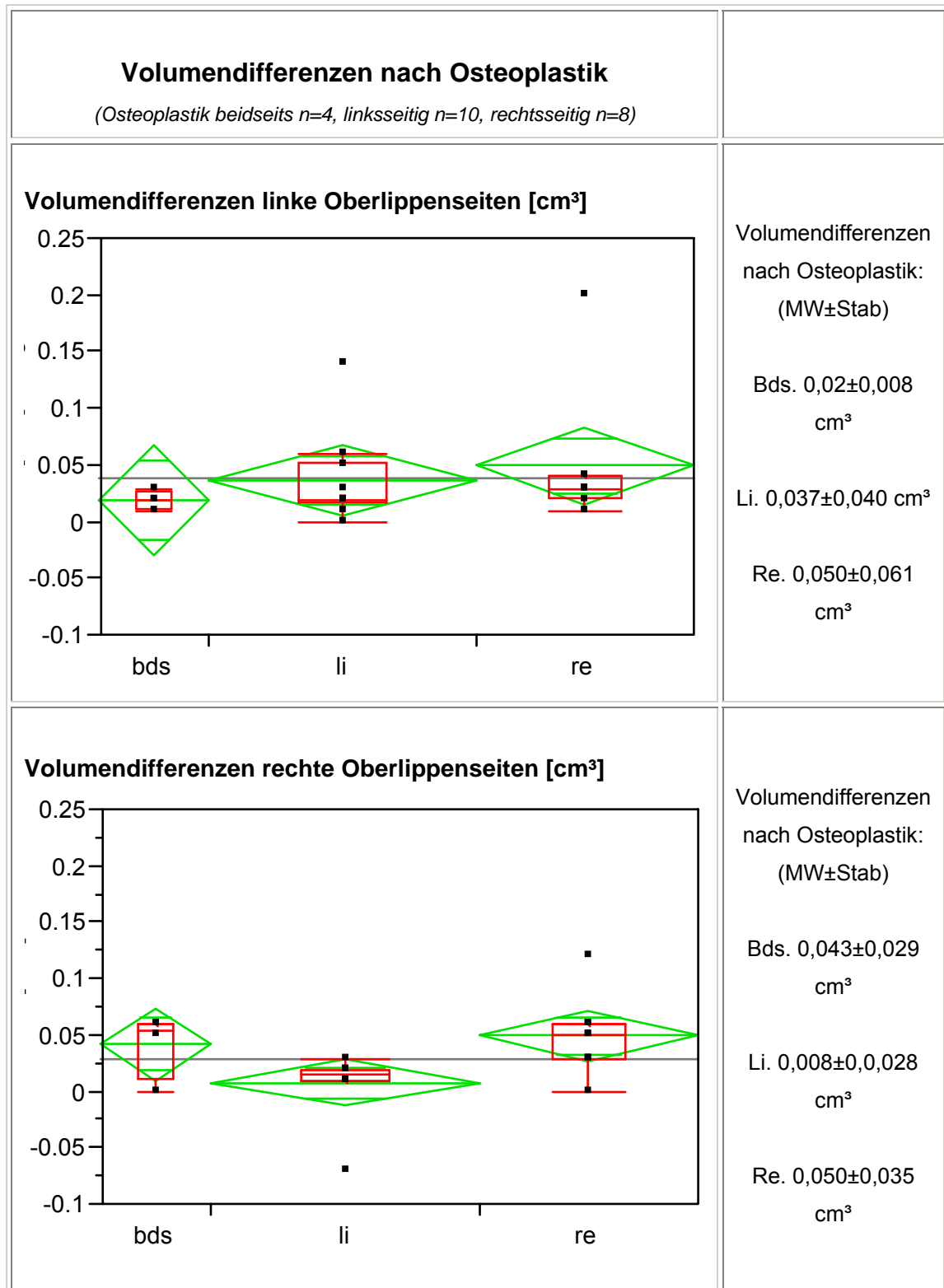
Wie bereits beschrieben fand sich unabhängig davon, auf welcher Oberkieferseite die Kieferspalt-Osteoplastik durchgeführt worden war, postoperativ eine Volumenzunahme im Oberlippenbereich mit statistischer Signifikanz im Vergleich zur 0-Hypothese. Eine rechtsseitig durchgeführte Osteoplastik erzielte dabei durchschnittlich die höchsten Werte. Die mittleren Werte für Volumenzugewinn nach rechtsseitiger Osteoplastik lagen sowohl links- wie auch rechtsseitig über den mittleren Werten nach links- sowie beidseitiger Osteoplastik.

Nach rechtsseitiger Osteoplastik zeigte sich auch an der rechten Gesichtsseite eine statistisch signifikante Volumenzunahme verglichen mit den Befunden nach linksseitiger und beidseitiger Osteoplastik ( $p < 0,05$ ). Statistisch hoch signifikant spiegelte auch der Quotient aus Volumenänderung zu Messfläche diese positive Volumendifferenz wieder ( $p = 0,01$ ).

Nach rechtsseitiger Osteoplastik ließ sich im Mittel links- wie rechtsseitig eine ähnlich große Volumenzunahme im Bereich der Oberlippe feststellen. Dieses Ergebnis zeigte sich auch in abgeschwächter Ausprägung bei Betrachtung des Quotienten aus linksseitiger Volumendifferenz zu entsprechender Messfläche.

Nach linksseitiger Kieferspalt-Osteoplastik zeigte sich linksseitig eine fast um den Faktor 10 größere Volumenzunahme im Oberlippenbereich im Vergleich zu rechtsseitig. Erwartungsgemäß spiegelte sich dieses Ergebnis auch im errechneten Quotienten aus Volumen pro Fläche wieder.

Eine beidseits durchgeführte Osteoplastik erzielte im Mittel niedrigere Volumenzugewinne als eine einseitig durchgeführte Osteoplastik.



Grafik 14: Mittlere Volumendifferenzen in Abhängigkeit von der Seite der durchgeführten Osteoplastik

## 6 Diskussion

In der einschlägigen Literatur sind bislang keine prospektiven Langzeitstudien veröffentlicht, in denen Patienten mit gleicher Diagnose und vergleichbarer operativer Versorgung zusammengefasst und ausgewertet sind, um Veränderungen von Gesichtsteilen infolge von definierten skelettalen Eingriffen zu erfassen. Eine englische Arbeitsgruppe diskutiert lediglich ihre ersten Erfahrungen mit der digitalen dreidimensionalen stereofotogrammetrischen Bildgebung anhand von zwei Fallbeispielen, anhand derer Weichteilveränderungen nach Kiefer-Umstellungsosteotomien mit einem dem in der vorliegenden Studie verwandten System durch Berechnung der Differenzen der prä- und postoperativen Gesichtsoberflächen beschrieben werden [114].

Aufgrund fehlender Daten konnte sich bislang noch keine einheitliche statistische oder numerische Methode zum Vergleich dreidimensionaler Strukturen etablieren. Mathematische Beschreibungen von postoperativen Oberflächenveränderungen (ein Patient mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalte, ein Patient mit Klasse II Dysgnathie) aus dreidimensionalen Informationen durch ein Laser-Scanning-System wurden beschrieben [17]. Naftel et al. [78] validierten statistisch und visuell für dreidimensionale Gesichtsmodelle ein stereografisches Imaging System, das im Gegensatz zu dem in der vorliegenden Studie verwendeten System eine aktive Oberflächenerkennungsphase beinhaltete, die durch die automatische Lokalisierung der fazialen Messpunkte im Weichgewebe eine manuelle Auswahl überflüssig machte (ASM=active shape model). Die Methode stellte sich als geeignet heraus, gesichtsmorphologische Veränderungen aufgrund mandibulärer Umstellung bei Klasse II und III Deformitäten sowie Veränderungen aufgrund anderer Einflussfaktoren wie Wachstum und Variationen innerhalb der Norm in der Vergleichsgruppe zu unterscheiden.

Während kephalometrische Studien verwertbare Informationen über hartgewebliche Strukturen bei jungen Spaltpatienten liefern, sind vergleichbar verwertbare Informationen über weichgewebliche Veränderungen rar [18]. Reifungs- und Wachstumsprozesse spielen hier eine Schlüsselrolle. Das Verständnis der komplexen Fehlbildungen und der dreidimensionalen Natur der Spaltmalformationen ist Voraussetzung für die Quantifizierung von Anomalien und auch für das Messen von Veränderungen durch chirurgische Eingriffe.

Weichgewebliche Charakteristika bei Kindern mit unbehandelten Lippen- bzw. Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten wurden mit Hilfe unterschiedlicher Methodik untersucht [5;39;40;48;57]. Mit Ausnahme der von Farkas et al. durchgeführten und im folgenden Abschnitt zusammengefassten anthropometrischen Studien fehlten meist gematchte Kontrollgruppen. Auch der Betrachtung der ethnischen Herkunft der Patienten wird Bedeutung beigemessen [45].

Farkas und Lindsay waren 1971 die ersten, die für Spaltpatienten ein anthropometrisches Evaluationssystem definierten. Dieses basierte auf 15 Messpunkten von Gesicht und Schädelbasisbreite, bilateralem Tragus, Kinnabstand, Profillänge, oberer und unterer Hälfte der Profillänge, unterem Drittel der Profillänge, Nasenlänge und -breite, Länge der Columella, nasolabialem Winkel, medialer und lateraler vertikaler Oberlippenlänge und Breite des Lippenphiltrum [32]. Nach zusätzlicher Betrachtung der Mittelgesichtsprofile, der Konfiguration von Nasenspitze und Nasenflügeln, der Nasenlochumrisse, des Lippenrots und des Lippenrotrandes der Oberlippe fanden die Autoren in einem gematchten Vergleich mit gesunden Probanden bei dem Großteil der Spaltpatienten eine normale Entwicklung der Oberlippenlänge und eine relativ normale Entwicklung der Columella. Patienten mit bilateralen Spalten zeigten signifikant breitere Nasen, stumpfere nasolabiale Winkel und kleinere Münder.

Ein Jahr später dokumentierten Farkas und Lindsay bei Jungen mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten Hypertelorismus, bei Mädchen kleinere Augen

verglichen mit der Kontrollgruppe [34]. Weiter fanden sie [33] bei Auswertung von Gesichtsprofilen, von Nasenspitzen- und Nasenflügelformen, von Nasenlochumrissen, von Lippenrot und Lippenrotrand der Oberlippe sowie der Lage des Lippenphiltrums bei 42 Patienten mit isolierten Gaumenspalten postoperativ eine hohe Inzidenz von Nasendeformierungen, die sie als „Mikroformen“ von Lippenspalten interpretierten. Die Patientengesichter waren auffallend hoch und schmal, was die Autoren als veränderte Wachstumsprozesse des Mittelgesichts betrachteten. Auch fanden Lindsay und Farkas bei Vermessung der Nasen bei 103 jungen Patienten mit Lippen-Kiefer-Spalten im Vergleich zu gesunden Kontrollen asymmetrische Nasenlöcher, verlängerte, flache und gekrümmte Nasenflügel, eine abgeflachte Nasenspitze, auf der Spaltseite eine Abweichung der Nasenflügelbasis nach cranio-posterior sowie signifikant häufigere Abweichungen des Nasenrückens [33]. In einem prä- und postoperativen Vergleich fanden Farkas und Lindsay 1993 [30] bei Kindern mit kompletten uni- oder bilateralen Spalten bei Bestimmung der Indizes Nasenbreite/Gesichtsbreite und Nasenbreite/Gesichtshöhe nach primärer Lippenrekonstruktion engere Nasen und asymmetrische Breiten der Nasenlochuntergrenze und der Columellalänge.

Die in der vorliegenden Studie verwendeten fazialen Messpunkte greifen, wie im Material- und Methodenteil beschrieben, die durch Farkas etablierten anthropometrischen Richtpunkte auf [29]. Obwohl die Messpunkte immer vom gleichen Untersucher gesetzt wurden, unterliegen sie seiner individuellen Bestimmung, da die Wahl der Messpunkte nicht exakt an fixen Punkten festzumachen ist, sondern immer im Auge des Betrachters liegt.

Ziel der Studie war die Erfassung und Vermessung einer Profiländerung nach Osteoplastik im Oberkiefer durch Vermessung von Abständen und Volumendifferenzen zwischen den individuellen definierten Messpunkten. Erfasst wurden also im Gegensatz zu anderen Untersuchungen nicht Abstände zwischen zwei Punkten in einem Spaltgesicht [54], sondern Abstände zwischen zwei Gesichtsoberflächen, nämlich der Gesichtsoberflächen von Patienten vor

und nach sekundärer bzw. tertiärer Osteoplastik. Die dreidimensionale Fotogrammetrie stellt dabei ein nicht invasives, innerhalb von Millisekunden arbeitendes und eine Patientensedierung nicht erforderndes Vermessungsverfahren dar. Eine Sedierung der Kinder war zum Beispiel auch bei den durch Farkas durchgeführten Messungen gerade im Augen- und Nasenbereich notwendig [30].

### **6.1 Abstände zwischen Oberflächen**

Beim Vergleich der mittleren Abstände zwischen prä- und postoperativen Gesichtsoberflächen ließ sich trotz großer Standardabweichungen an allen Messpunkten eine statistisch höchst signifikante Profiländerung nach anterior durch die osteoplastische Kieferspaltversorgung feststellen.

Die größten mittleren Abstandszugewinne nach Osteoplastik fanden sich an den Messpunkten sbal und ac. An den beidseits gemessenen Messpunkten sbal, ac und ls zeigten die postoperativen Profildugewinne auf der operierten Seite im Mittel höhere Werte. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen osteoplastisch versorgten und nicht operierten Seiten fand sich aber nur am Messpunkt sbal ( $p < 0,05$ ). An den Lippenansatzpunkten der Nasenbasis hatte die knöcherne Spaltversorgung also zu einer signifikanten Profiländerung nach anterior zwischen den hier im Weichgewebe definierten Messpunkten geführt.

Eine statistisch schwache Signifikanz ließ sich an dem weiter lateral gelegenen Messpunkt ac nachweisen ( $p < 0,1$ ). Als Grund für diese schwache Signifikanz ist anzunehmen, dass in dem untersuchten Patientenkollektiv die Streuung der am Gesichtsansatzpunkt der Nasenflügelbasis (ac) gemessenen Werte groß war. Die große Streuung kann unter anderem durch Schwierigkeiten im Setzen der Landmarken an der Nasenflügelbasis bedingt sein. Möglicherweise könnte durch eine Erhöhung der Fallzahlen die Streubreite verringert und damit auch eine statistisch höher signifikante Profiländerung gefunden werden.



Keine statistisch signifikanten Profiländerungen fanden sich an den Messpunkten ls, al und ch. Dieser statistischen „Nicht-Signifikanz“ liegt kein Streuproblem und auch kein Fallzahlproblem zugrunde. Mundwinkel (ch), lateralster Punkt des Nasenflügels (al) und Punkte an der oberen Lippenrotgrenze unterhalb des Lippenansatzpunktes der Nasenbasis (ls) sind keine geeigneten Messpunkte zur Überprüfung von Profiländerungen im Oberlippenbereich nach Kieferspalt-Osteoplastik. Im Gegensatz zu den Messpunkten an den Ansatzpunkten der Nasenflügelbasis sind die Lippenpunkte (ch, ls) wie wohl auch die Landmarke am lateralsten Punkt des Nasenflügels (al) mehr von augenblicklichen Patientenbewegungen abhängig.

Die zentrofazialen Messpunkten sn und prn zeigten sowohl nach linksseitiger als auch nach rechtsseitiger als auch nach beidseitiger Kieferspalt-Osteoplastik bei Betrachtung der Mittelwerte Profilverzuggewinne nach anterior an. Bei den beidseits osteoplastisch versorgten Patienten (n=4) hoben sich die Messpunkte sn und prn durchschnittlich am weitesten an. Da diese Messpunkte nur einmal mittig an der Patientennase (subnasaler Ansatzpunkt und Nasenspitzenpunkt) gemessen wurden, fehlt ein kontralateraler Vergleichswert und es kann nur eine deskriptive Aussage, aber keine Vergleichsanalyse gemacht werden.

Bei weiterer Unterteilung der operierten Seiten in rechts und links operiert zeigen die Messpunkte sbal und ac ebenfalls postoperativ Profilverzuggewinne im Sinne von anteriorer Weichgewebsverlagerung vor allem auf der operierten Seite.

Die Nasenflügelbasis (sbal) gilt bei chirurgischen Spalteingriffen als wichtige zu korrigierende Größe [54]. Hood et al. fanden die Breite der Nasenflügelbasis der Nase (sbal-sbal) bei nicht operierten Patienten mit kompletten unilateralen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten mehr als verdoppelt im Vergleich zu Kontrollpersonen. Auf der Spaltseite befindet sich nämlich der Punkt sbal mehr lateral und tiefer als auf der Nicht-Spaltseite bei evertierter Nasenflügelbasis. Bedingt wird dies durch Deviation der Gesichtsmuskulatur, die ihre mediale

Ansatzstelle verloren hat, wobei tieferes Weichgewebe mit dem Periost verankert bleibt [70]. Bei Patienten mit kompletter Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte sind somit auf der Spaltseite die Nasenflügel abgeflacht und nach lateral verlängert. Die anatomische Breite (ac-ac) und die Breite der „weichteiligen“ Nase (al-al) sind vergrößert wie auch der Abstand vom Mundwinkel zur Nasenflügelbasis. In der vorliegenden Studie konnte ein statistisch signifikantes Anheben der Nasenflügelbasis durch knöchernen Spongiosatransplantation im Rahmen einer Kieferspaltosteoplastik demonstriert werden.

Farkas schlägt zur Vermessung der anatomischen Nasenbreite die Strecke ac-ac vor, da er die Breite der „weichteiligen“ Nase besser im Abstand al-al repräsentiert sieht [30]. Hood et al. [54] fanden bei Kindern mit unilateraler Lippen-Kiefer-Spalte sowohl ac-ac als auch al-al signifikant verlängert. In der vorliegenden Studie erfuhr der Ansatzpunkt der Nasenflügelbasis eine wenn auch aufgrund eines Fallzahlproblems bei großer Messwertstreuung nur schwach signifikante Anhebung durch die Osteoplastik.

Bei Spaltkindern sind für eine unilaterale Verkürzung der Oberlippe auf der Spaltseite fehlinsertierte Fasern des Musculus orbicularis oris zusammen mit einer hauptsächlich maxillären Dislokation verantwortlich. Hood et al. [54] zeigten, dass ein kurzes Philtrum und eine kleine Oberlippe kennzeichnend sowohl für die Spalt- als auch für die nicht Spaltseite sind. In der vorliegenden Studie konnte zwar insgesamt ein höchst signifikanter Profilverzugewinn am Messpunkt Is nach anterior postoperativ nachgewiesen werden. Ein relevanter Unterschied zwischen operierten und nicht operierten Oberlippenseiten fand sich nicht.

Auch Messpunkte am Mundwinkel (Mundbreite) sind als nützlich zur Dokumentation des Erfolges eines chirurgischen Eingriffs beschrieben. Bei älteren Kindern und Erwachsenen haben einige Studien signifikant engere Mundbreiten nachgewiesen [35;124]. Bei der vorliegenden Fragestellung zeigte sich ch als nicht verlässlicher Messpunkt, um Profiländerungen in Abhängigkeit

von durchgeführten Kieferspalt-Osteoplastiken zu demonstrieren. Der Mundwinkel erscheint als ein schwierig zu reproduzierender Messpunkt, da er abhängig von der momentanen Situation des Patienten willkürlich und unwillkürlich stark differiert.

Auch die Landmarke al als lateralster Punkt der Nasenflügel ist aufgrund der Anatomie der Nasenflügel oft schwierig zu bestimmen.

Die Messpunkte ls, al und ch sind abschließend als ungeeignet zu beurteilen, um Weichteilveränderungen nach chirurgischer Intervention aufzudecken. Selbst höhere Fallzahlen werden an dieser Bewertung mit hoher Wahrscheinlichkeit nichts ändern.

Der prominenteste anteriore Punkt der Nase (prn) stellt nicht automatisch die anatomische Nasenspitze dar, die schwierig reproduzierbar zu identifizieren ist [23;57]. Die stärkste Anhebung wurde in der vorliegenden Studie mit 0,9 mm nach beidseitig durchgeführter Osteoplastik gesehen.

Fisher et al. [39] beschreiben, dass u.a. der Messpunkt subnasal (sn) bei Spaltpatienten stark von der Mittellinie abweichen kann. Bei einer Nasenkorrektur, wenn die Nicht-Spaltseite als Referenz für die Rekonstruktion dient, muss dies berücksichtigt werden, da unterschiedlich große Nasenlöcher der Grund für eine anhaltende Nasendeformität und Funktionseinschränkung sein können. In der vorliegenden Untersuchung fand sich der Messpunkt sn nach beidseitiger Osteoplastik mit 1,58 mm am deutlichsten angehoben. Eine linksseitige Osteoplastik führte zu einer größeren Anhebung (MW 1,31 mm) im Vergleich zur rechtsseitigen Osteoplastik.

Hinsichtlich Veränderungen an der Nase verglichen Honrado et al. [52] mit Hilfe einer dreidimensionalen bildgebenden Software prä- und postoperative dreidimensionale Fotografien von 32 Patienten, die eine maxilläre Verlagerung mit Aufwärtsrotation, mit Abwärtsrotation bzw. ohne Rotation erhalten hatten und fanden postoperativ jeweils signifikante Verbreiterungen der Abstände der

Nasenlöcher und der Nasenflügel. Die Projektion der Nasenspitze und die Länge der Columella zeigten keine statistisch nachweisbaren Veränderungen. Interessanterweise zeigte sich nach maxillärer Verlagerung mit Aufwärtsrotation ein signifikantes Absinken des nasolabialen Winkels.

Weiter finden sich in der Literatur Arbeitsgruppen, die versuchten, mittels 3D Datenerfassung Erfolge plastisch-rekonstruktiver Chirurgie im Sinne einer Harmonisierung der Gesichtszüge durch zunehmende Symmetrie zu erfassen.

Die Arbeitsgruppe von Ayoub [53] vermaß 20 Kinder mit unilateralen Lippen oder Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten und 20 gesunde Kinder vergleichbaren Alters im dreidimensionalen Raum zur Erfassung des Ausmaßes der Gesichtasymmetrie mittels C3D™ Stereofotogrammetrie vor operativer Lippen-/Nasenkorrektur sowie postoperativ nach 3, 6 und 12 Monaten. Die Abstände zwischen Messpunkten und ihren spiegelbildlichen Messpunkten wurden 3D konfiguriert als Asymmetrie-Scores errechnet. Im Gegensatz zu den Kindern mit Lippen-Spalten zeigten die Kinder mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten unmittelbar postoperativ symmetrischer geformte Nasen. Bei den Kindern mit Lippenspalten änderte sich trotz Operation die Asymmetrie der Nase nicht. Die Scores für Asymmetrien des gesamten Gesichtes änderten sich im Verlauf der Zeit geringfügig. Die Autoren schlussfolgern, die Asymmetrie von Nase und Lippe individuell zu betrachten, da allgemein gültige Richtwerte nicht gegeben werden können.

Die Arbeitsgruppe von Nkenke [10] bestimmte bei 22 Kindern mit unilateralen Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten, die eine Lippenplastik nach Tennison-Randall-Technik erhalten hatten, Unterschiede zwischen definierten Messpunkten, Oberflächenarealen zwischen Oberlippenrot und Nasenflügeln sowie virtuellen Volumina von Mittelgesicht, Nase und Oberlippe getrennt nach Spaltseite und gesunder Gesichtsseite. Ihren Vergleichen lagen zuvor etablierte Symmetrieebenen zugrunde, die aus optischen 3D Daten zur Gesichtsoberfläche errechnet waren. Signifikante Unterschiede zwischen

Spaltseite und gesunder Gesichtsseite zeigten die an Nase und Nasenflügeln definierten Messpunkte sowie das virtuelle Nasenvolumen. Die Autoren unterlegten mit ihrer Analyse der 3D Daten, dass es schwierig ist, nach Lippenplastik (Tennison-Randall) eine vollständige Symmetrie im Bereich der Nase zu erreichen.

Insgesamt limitiert die fehlende Verfügbarkeit breiter dreidimensionaler Daten die routinemäßige Anwendung entsprechender Techniken.

Weichgewebliche Veränderungen im Kopf-Hals-Bereich lassen sich aktuell also weder subjektiv noch objektiv durch standardisierte Kriterien bewerten, so dass detaillierte Aussagen zu Einflüssen von Hart- auf Weichgewebe im dreidimensionalen Raum schwierig sind. So werden gegenwärtig für Vorhersagen über das Ergebnis von Weichteil- bzw. Profilveränderungen nach kieferchirurgischen Operationen nach wie vor zweidimensionale Verfahren wie seitliche Röntgenbilder des Schädels und Profilaufnahmen verwendet [46]. Ob hierfür dreidimensionale Daten, die wie in der Vergangenheit beschrieben mittels Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) erhoben wurden [73], notwendig sind, bleibt zu diskutieren.

## **6.2 Volumendifferenzen nach Osteoplastik**

In der Literatur finden sich bislang keine Untersuchungen zu volumetrischen Bestimmungen von Weichgewebsveränderungen nach sekundärer Osteoplastik mit autologer Spongiosa. Dreidimensionale Erfassung und Berechnung von Weichgewebsveränderungen nach chirurgischen Interventionen an darunterliegenden knöchernen Strukturen findet man in der Literatur hauptsächlich in Zusammenhang mit skelettale Dysgnathien (Klasse III), bei der meist der Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer zu weit vorne liegt [20;72;75;108]. Umstellungsosteotomien umfassen dabei ein Zurücksetzen der Mandibula mit bzw. ohne Vorsetzen der Maxilla.

Dreidimensionale volumetrische Analysen von Hart- und Weichgeweben des Gesichtes vor und nach chirurgischer Korrektur der mandibulären Prognathie führten u.a. Kobayashi et al. [61] durch. Das Untergesicht von insgesamt 28 Patienten wurde in acht verschiedene Areale mit sechs Schnittflächen unterteilt. Die Weichgewebsanalyse beinhaltete die Berechnung dreidimensionaler Werte aus den Referenzpunkten im unteren Gesicht nach perspektivischer Abbildung in zwei paarige, gleichzeitig von der rechten und linken Gesichtshälfte aufgenommene Fotografien. Das Ausmaß der chirurgisch bedingten volumetrischen Weichgewebsänderungen zeigte sich in der vorderen und hinteren Mandibula-Region proportional. Die Korrektur der lateralen Mandibula-Abweichung verbesserte die Gesichtssymmetrie. Asymmetrien von Weich- und Hartgewebe waren eng korreliert. Anzumerken ist, dass der Studie keine Evaluierung der Reproduzierbarkeit der verwendeten Punkte im Gesicht zugrunde lag. Motegi et al. [76] verglichen bei Patienten mit mandibulärer Prognathie nach Osteotomie prä- und postoperative Abbildungen des durch ein 3-D-Laser-Scanning-System erfassten perioralen Weichgewebes. Sie legten bogenförmige Linien zwischen periorale Punkte. Die Areale „Subnasal-Oberlippe“ und „Unterlippe-Kinn“ waren dabei von besonderem Interesse. Nach Übereinanderlagerung der prä- und postoperativen Abbildungen erfolgte die

Berechnung der Volumina in den entsprechenden Arealen. Die mittleren Volumenänderungen im Areal „Subnasal-Oberlippe“ betragen  $1032,3 \text{ mm}^3$ , im Areal „Unterlippe-Kinn“  $8700,9 \text{ mm}^3$ . Kritisch anzumerken ist, dass die Aufnahmezeit mit 10 Sekunden lang ist, unwillkürliche Gesichtsbewegungen und Atemzyklen somit interferieren. In methodischen Voruntersuchungen zeigte sich ein mittlerer Fehler von 0,66 mm bei dreidimensionalen Abständen zwischen entsprechenden Punkten in den übereinander gelagerten 3-D-Netzwerken. Auch in dieser Studie war die Identifizierung der gesetzten Punkte nicht evaluiert.

In der vorliegenden Studie wurden mittels „coon patch“ Volumendifferenzen im Bereich Nasenbasis-Oberlippe (Eckpunkte des „coon patch“ sn, sbal, ch, ls) errechnet.

Es zeigte sich postoperativ ein statistisch höchst signifikanter Volumenzugewinn links- und rechtsseitig wie auch bei Betrachtung aller operierten Gesichtsseiten ( $p < 0,0001$ ). Bei allen Patienten war nach Osteoplastik ein Volumenzuwachs im Bereich der Oberlippe nachweisbar. Der mittlere Volumenzugewinn aller operierten Gesichtsseiten betrug  $0,043 \pm 0,037 \text{ cm}^3$ . Der mittlere weichgewebige Volumenzugewinn der nicht mit Kieferspaltosteoplastik versorgten Oberkiefer betrug vergleichsweise  $0,027 \pm 0,050 \text{ cm}^3$  und zeigte sich statistisch „lediglich“ signifikant im Vergleich zur Nulldifferenz ( $p < 0,05$ ). Zur Standardisierung der Messwerte wurde der Quotient aus Volumenzugewinn pro zugrunde liegender Messfläche gebildet. Auch dieser standardisierte Quotient aus Volumenzugewinn links, rechts wie auch aller operierten Gesichtsseiten und entsprechender Messflächen zeigte sich höchst signifikant im Vergleich zur Nulldifferenz ( $p < 0,0001$ ). Der Quotient aus Volumenzugewinn und Messflächen aller nicht operierten Seiten erwies sich als statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ).

Es war von hohem Interesse, ob bei den Gesichtshälften mit Kieferspaltosteoplastik im Vergleich zu den nicht operierten Gesichtshälften ein Volumenzugewinn im Bereich der Oberlippe nachweisbar war. Die Differenz

aus den Volumenzugewinnen der operierten und der nicht operierten Seiten wurde errechnet und gegen die Nulldifferenz als Ausgangslage betrachtet. Nach Bildung des Quotienten aus Volumenzugewinn pro entsprechender Messfläche der operierten minus der nicht operierten Seiten zur Standardisierung des Parameters Volumenzugewinn wurde ein statistisch signifikanter Volumenzugewinn zugunsten der osteoplastisch versorgten Gesichtsseiten offensichtlich ( $p < 0,1$ ).

Insbesondere nach rechtsseitiger Osteoplastik war rechtsseitig eine signifikante Volumenvermehrung nachzuweisen. Die Gründe, warum nach linksseitiger Osteoplastik linksseitig zwar eine messbare, jedoch statistisch nicht signifikante Volumenzunahme auftrat, bleiben zu diskutieren. Eine plausible Erklärung, warum gerade eine rechtsseitige Osteoplastik im Gegensatz zu einer links- oder beidseitigen Osteoplastik zu einer statistisch signifikanten mittleren Volumenzunahme führt, kann nicht gegeben werden. Ob eine Erklärung in den natürlichen Asymmetrien des menschlichen Gesichtes zu suchen ist, bleibt offen. Grundsätzlich sind bei Vorliegen unvollständiger Spalten, d. h. partiellen Knochenbrücken im Kieferspaltbereich, geringere Auswirkungen der Kieferspaltosteoplastik auf Volumenzugewinne an der Oberlippe denkbar. In dem untersuchten Patientenkollektiv fanden sich lediglich vier Patienten mit inkompletten knöchernen Spalten. Zwei Patienten mit linksseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte sowie jeweils ein Patient mit rechtsseitiger und mit beidseitiger Lippen-Kiefer-Gaumenspalte zeigten Knochenbrücken in ihren Kieferspalten. Die geringere linksseitige Volumenzunahme nach linksseitiger Osteoplastik ist allerdings in der vorliegenden Studie nicht auf eine vermehrte Anzahl von Patienten mit inkompletten Kieferspalten zurückzuführen. Der Fisher's exakte Test zeigte keine statistisch auffällige Häufung der Patienten mit inkompletten Spalten in der Gruppe der linksseitig operierten Patienten.

Auffällig war, dass nach beidseitiger Osteoplastik relativ pro Seite geringere mittlere Volumenzugewinne zu verzeichnen waren als nach einseitiger Osteoplastik.



Nach beidseitiger Osteoplastik sind die Volumenzugewinne linksseitig geringer als nach einseitiger Osteoplastik (Volumenzugewinn links nach beidseitiger Op  $0,020\pm 0,008\text{ cm}^3$ , nach linksseitiger Op  $0,037\pm 0,040\text{ cm}^3$  und nach rechtsseitiger Op  $0,050\pm 0,061\text{ cm}^3$ ). Auch rechtsseitig sind die Volumenzugewinne, wenn auch weniger offensichtlich als linksseitig, nach beidseitiger Osteoplastik geringer als nach einseitiger Osteoplastik (Volumenzugewinn rechts nach beidseitiger Op  $0,043\pm 0,029\text{ cm}^3$ , nach rechtsseitiger Op  $0,050\pm 0,035\text{ cm}^3$ ). Eine denkbare Erklärung hierfür ist, dass bei beidseits durchgeführter Kieferspalt-Osteoplastik die Menge der entnommenen Beckenkamm-Spongiosa zum Ausfüllen der beidseits vorhandenen Spalten oft ungenügend ist und das pro Spalte eingebrachte Transplantatvolumen vermutlich geringer ausfällt im Vergleich zur Auffüllung einseitiger Spalten.

Offensichtlich wird jedoch auch, dass bei einseitiger Osteoplastik auch auf der nicht operierten Seite Volumenzugewinne zu verzeichnen sind (nach linksseitiger Osteoplastik rechtsseitig  $0,008\pm 0,028\text{ cm}^3$ , nach rechtsseitiger Osteoplastik linksseitig  $0,050\pm 0,061\text{ cm}^3$ ). Damit bestehen auch positive Auswirkungen auf die nicht operierten Seiten.

Kritisch anzumerken bleibt, ob die gemessenen postoperativen Volumenzugewinne nicht doch schwellungsbedingt sind. In der Studie wurde der Zeitpunkt der postoperativen Messung auf 6 Wochen nach Durchführung der Osteoplastik gewählt. Zu diesem Zeitpunkt war klinisch kein operationsbedingtes Ödem mehr sichtbar. Ferner ist bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten oftmals eine kieferorthopädische Nachbehandlung indiziert, die frühzeitig eingeleitet werden sollte. Eine kieferorthopädische Weiterbehandlung kann nach Osteoplastik bereits nach Abheilung der bedeckenden Weichteile begonnen werden. Zahnärztliche Kontrolle von Zahndurchbrüchen, kieferorthopädischer Lückenschluss und ggf. das Einsetzen von Implantaten reduzieren nachweislich Resorptionsvorgänge nach Transplantation der Spongiosa [103].

Für Spaltpatienten kann eine individuell verbesserte Gesichtsmorphologie, wie sie aus Volumenzugewinnen im Bereich der Oberlippe resultieren kann, einen deutlichen ästhetischen Zugewinn darstellen. Entsprechende psychologische Auswirkungen könnten in weiteren Untersuchungen mittels standardisierter Fragebögen erhoben werden.

Für die Zukunft wünschenswert bleibt sicherlich, dass die dreidimensionale Oberflächenbildgebung mit Systemen wie dem in dieser Studie vorgestellten weiter in prospektiven Untersuchungen klinisch erprobt wird.

Nach den vorliegenden Ergebnissen eignet sich die 3-D digitale Fotogrammetrie für Verlaufsdokumentationen nach chirurgischen Interventionen wie beispielsweise nach sekundärer/tertiärer Osteoplastik. Sie ist unabhängig vom Patientenalter, schmerzfrei, leicht anwendbar und liefert reproduzierbare Messergebnisse. Für die Auswahl der Messpunkte liegen bereits allgemein anerkannte Positionen vor.

## 7 Ausblick

Weitere klinische Untersuchungen zur exakten digitalen dreidimensionalen stereografischen Bildgebung sind unbedingt erforderlich, da es sich um eine vielversprechende, zudem leicht anwendbare Technik für empirische Vorhersagen über den Ausgang kieferchirurgischer Operationen sowohl für den Patienten als auch für den Chirurgen handelt. Die dreidimensionalen Darstellungen, insbesondere aber die Vermessungsmöglichkeiten bieten vielfältige Möglichkeiten therapiebedingte oder krankheitsbedingte Veränderungen an Skelett und Weichteilen zu objektivieren. Als zukünftiges Ziel kann das Erstellen einer umfangreichen Datenbank gelten, aus der sich standardisierte Bewertungskriterien für die Dokumentation von gesichtsmorphologischen Veränderungen, für die Ergebnisse nach chirurgischer Korrektur sowie für die Vorhersage vor entsprechenden Eingriffen ableiten lassen.

Weichteilveränderungen im Gesicht nach knöchernen Eingriffen könnten so in mathematische Modelle überführt werden. Möglicherweise könnte in der Lippen-Kiefer-Gaumenspalt-Chirurgie dem Operateur vor Durchführung einer Osteoplastik die exakte Menge an zu entnehmender Spongiosa errechnet werden, um langfristig eine optimale Weichgewebsänderung im Mittelgesicht zu erhalten.

Zu erwähnen bleibt, dass erst kürzlich in der Literatur eine neu entwickelte dreidimensionale Datenbank zu menschlichen Gesichtsausdrücken, die prototypische dreidimensionale Umriss- und zweidimensionale Oberflächenbeschaffenheiten aus 2500 Vorlagen von 100 Probanden umfasst, der Forschung zugänglich gemacht wurde [123]. Diese neue Datenbank kann als wertvolle Quelle für die Anwendung von Algorithmen, Vergleichen und Evaluationen zu menschlichen Gesichtsausdrücken

herangezogen werden. Sie stellt somit den Anfang einer Aufstellung für standardisierte Bewertungskriterien dar.

Ferner könnten derartige mathematische Modelle helfen, den Einfluss von Hart- und Weichgewebe auf das menschliche Profil besser zu verstehen.

## 8 Zusammenfassung

In die vorliegende Studie wurden 25 Patienten im Alter von 9 bis 20 Jahren mit inkompletten bzw. kompletten Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten eingeschlossen. Innerhalb von 24 Stunden vor sowie 6 Wochen nach Durchführung einer ein- bzw. beidseitigen sekundären bzw. tertiären Kieferspalt-Osteoplastik erfolgten im Oberlippen- und Nasenbereich an definierten Landmarken Oberflächenvermessungen mittels digitaler Fotogrammetrie (DSP 400).

Für die Messung von Profiländerungen als Abstände zwischen prä- und postoperativer Gesichtsoberfläche wurden im Bereich der Nase die Messpunkte sbal (Lippenansatzpunkt der Nasenbasis), ac (Gesichtsansatzpunkt der Nasenflügelbasis), al (lateralster Punkt des Nasenflügels), prn (Nasenspitzenpunkt) und sn (Punkt am Schnittpunkt des Nasensteges mit dem Lippenweiß der Oberlippe) sowie im Bereich der Oberlippe die Messpunkte ls (obere Lippenrotgrenze unterhalb des Lippenansatzpunktes der Nasenbasis) und ch (Mundwinkel) definiert.

Zur Bestimmung der Volumendifferenzen wurde zusätzlich zur Oberfläche eine viereckige Fläche als sog. „coon patch“ konstruiert. Die Landmarken sn, sbal, ch und ls stellten dabei die Eckpunkte dar.

### **Abstände zwischen Oberflächen**

Die mittleren Abstände zwischen den prä- und postoperativen Oberflächen der Patientengesichter zeigten sich an allen definierten Messpunkten (sbal, ac, al,

ls, ch) höchst signifikant verlängert im Sinne einer anterioren Profilverschiebung.

Beim Vergleich von operierten und nicht operierten Seiten ließ sich allein an den beiden an der Nasenbasis gewählten Messpunkte sbal und ac eine signifikante postoperative Profiländerung zugunsten der osteoplastisch versorgten Seiten nachweisen.

Die Messpunkte an der Oberlippe (ch, ls) sowie am lateralsten Punkt des Nasenflügels (al) eigneten sich nicht zur Überprüfung von Profiländerungen im Weichgewebe nach Osteoplastik.

Die zentrofazialen Messpunkte sn und prn zeigten sowohl nach links- als auch nach rechts- und beidseitiger Osteoplastik im Mittel Profilzugewinne nach anterior. Bei den beidseits osteoplastisch versorgten Patienten rückten die Landmarken sn und prn durchschnittlich am weitesten nach anterior.

### **Volumendifferenzen**

Nach Durchführung der Kieferspalt-Osteoplastiken ließen sich statistisch signifikante Volumenzugewinne, auch standardisiert als Volumendifferenzen pro Messflächen, im Bereich des Weichteilprofils Nase/Oberlippe nachweisen.

In der vorliegenden Studie gelang der Nachweis einer schwach signifikanten Volumenzunahme pro entsprechender Messfläche zugunsten der osteoplastisch versorgten Gesichtshälften beim Vergleich der operierten mit den nicht operierten Seiten.

Nach einseitiger wie auch nach beidseitiger Osteoplastik konnten beidseits in den definierten Arealen zwischen Oberlippe und Nase Volumenzunahmen nachgewiesen werden. Nur bei den rechtsseitig operierten Patienten zeigte sich eine rechtsseitige statistisch signifikante Volumenzunahme beim Vergleich der Volumenzunahmen nach rechts-, links- und beidseitiger Kieferspalt-Osteoplastik. Beidseitig durchgeführte Osteoplastiken führten insgesamt zu geringeren Volumenzugewinnen als einseitige Osteoplastiken. Bei einseitigen Osteoplastiken zeigte auch die nicht operierte Seite Volumenzugewinne.

Diese Arbeit dokumentiert damit erstmals dreidimensionale fotogrammetrisch erfasste Daten zu Profiländerungen im Bereich von Oberlippe und Nase nach Kieferspalt-Osteoplastik bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten.

## 9 Literatur

- (1) Abyholm F, Bergland O, Semb G: Secondary bone grafting of alveolar clefts. A surgical/orthodontic treatment enabling a non-prosthetic rehabilitation in cleft lip and palate patients. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1981; 15:127-40.
- (2) Aldridge K, Boyadjiev S, Capone G, DeLeon V, Richtsmeier J: Precision and error of three-dimensional phenotypic measures acquired from 3dMD photogrammetric images. *American Journal of Medical Genetics Part A* 2005; 138:247-53.
- (3) Andrä A, Neumann H: Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Ätiologie, Morphologie, Klinik, komplexe Rehabilitation. Leipzig, Barth, 1989.
- (4) Arnold G, Luxinger R: Die Sprache und ihre Störungen. Wien-New York, 1970.
- (5) Bacher M, Goz G, Pham T, Bacher U, Werner O, Buchner P, Bacher A: Three-dimensional analysis of cleft palate topology in newborn infants with reference to the cranial skeleton. *Cleft Palate Craniofac J* 1998; 35(5):379-95.
- (6) Bailey L, Johnston M, Billet J: Effects of carbon monoxide and hypoxia on cleft lip in A/J mice. *Cleft Palate Craniofac J* 1995; 32:14-9.
- (7) Becker R, Verbeck C, Wannemacher M: Ergebnisse der primären Osteoplastik - vergleichende Untersuchungen mit und ohne Osteoplastik behandelte einseitiger Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1973; 16/17:115-117.
- (8) Bergland O, Semb G, Abyholm F: Elimination of the residual alveolar cleft by secondary bone grafting and subsequent orthodontic treatment. *Cleft Palate J* 1986; 23:175-205.
- (9) Berkowitz S, Cuzzi J: Biostereometric analysis of surgically corrected abnormal faces. *Am J Orthod* 1977; 72:526-38.
- (10) Bilwatsch S, Kramer M, Haeusler G, Schuster M, Wurm J, Vairaktaris E, Neukam F, Nkenke E: Nasolabial symmetry following Tennison-Randall lip repair: a three-dimensional approach in 10-year-old patients with unilateral clefts of lip, alveolus and palate. *J Craniomaxillofac Surg* 2006; 34(5):253-62.
- (11) Bonaiti C, Briard M, Feingold J, Pavy B, Psaume J, Migne-Tufferaud G, Kaplan J: An epidemiological and genetic study of facial clefting in France. I. Epidemiology and frequency in relatives. *J Med Genet* 1982; 19:8-15.

- (12) Boyne P: Use of marrow-cancellous bone grafts in maxillary alveolar and palatal clefts. *J Dent Res* 1974; 53:821-4.
- (13) Boyne P, Sands N: Secondary bone grafting of residual alveolar and palatal clefts. *J Oral Surg* 1972; 30:87-92.
- (14) Brusati R, Mannucci N, Mommaerts M: The Delaire Philosophy of Cleft Lip and Palate Repair; in: Booth P, Schendel S, Hausamen J, (eds): *Maxillofacial Surgery*. St. Louis, Missouri, 2007, vol 2, pp 1026-47.
- (15) Burke P, Beard F. Stereophotogrammetry of the face. A preliminary investigation into the accuracy of a simplified system evolved for contour mapping by photography. 53, 769-82. 1967. *Am J Orthod*. Ref Type: Generic
- (16) Chi S, Godfrey K: Cleft lip and cleft palate in New South Wales. *Med J Aust* 1970; 19(2):1172-6.
- (17) Coombes A, Moss J, Linney A, Richards R, James D: A mathematical method for the comparison of three-dimensional changes in the facial surface. *Eur J Orthod* 1991; 13:95-110.
- (18) Dahl E, Kreiborg S, Jensen B, Fogh-Andersen P: Comparison of craniofacial morphology in infants with incomplete cleft lip and infants with isolated cleft palate. *Cleft Palate J* 1982; 19(4):258-66.
- (19) Davies D: The radical repair of cleft palate deformities. *Cleft Palate J* 1970; 7:550-61.
- (20) Day C, Robert T: Three-dimensional assessment of the facial soft tissue changes that occur postoperatively in orthognathic patients. *World J Orthod* 2006; 7:15-26.
- (21) Delaire J, Mercier J, Gordeeff A, Bedhet N: The 3 palatine fibromucous membranes. Their role in maxillary growth. Therapeutic role in surgery of the palatine shelves. *Rev Stomatol Chir Maxillofac* 1989; 90(6):379-90.
- (22) Derichsweiler H: Early orthodontic treatment of cleft palate patients as related to the prevention of jaw anomalies; in: Hotz R, (ed): *Early treatment of cleft lip and palate*. Bern, Huber, 1964.
- (23) Duffy S, Noar J, Evans R, Sanders R: Three-dimensional analysis of the child cleft face. *Cleft Palate Craniofac J* 2000; 37:137-44.
- (24) Eckstein T, Mühling J, Reuther J, Michel C: Vergleichende Langzeituntersuchungen zum Wachstumsverhalten nach Lippen-Kiefer-Verschluß mit und ohne primäre Osteoplastik. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1993; 38:56.



- (25) El Deeb M, Messer L, Lehnert M, Hebda T, Waite D: Canine eruption into grafted bone in maxillary alveolar cleft defects. *Cleft Palate J* 1982; 19:9-16.
- (26) Enemark H, Krantz-Simonsen E, Schramm J: Secondary bonegrafting in unilateral cleft lip palate patients: indications and treatment procedure. *Int J Oral Surg* 1985; 14:2-10.
- (27) Farkas L: Results; in: Farkas L, Munro I, (eds): *Anthropometric facial proportions in medicine*. Springfield, Il: CC Thomas, 1987, pp 155-319.
- (28) Farkas L: Basic anthropometric measurements and proportions in various regions of the craniofacial complex; in: Brodsky L, Holt L, Hue Ritterschidt D, (eds): *Craniofacial anomalies-an interdisciplinary approach*. Philadelphia: Mosby Year Book, 1992, pp 41-57.
- (29) Farkas L: *Anthropometry of the head and face*. 2nd ed. New York: Raven Press, 1994.
- (30) Farkas L, Hajnis K, Posnik J: Anthropometric and anthroposcopic findings of the nasal and facial region in cleft patients before and after primary lip and palate repair. *Cleft Palate Craniofac J* 1993; 30:1-12.
- (31) Farkas L, Lindsay W: The columella in cleft lip and palate anomaly Hueston JT, ed. . ; 1971b:373-381; in: Hueston J, (ed): *Transactions of the Fifth International Congress of Plastic and Reconstructive Surgery*. Melbourne: Butterworths, 1971, pp 373-381.
- (32) Farkas L, Lindsay W: Morphology of the adult face following repair of bilateral cleft lip and palate in childhood. *Plast Reconstr Surg* 1971; 47:25-32.
- (33) Farkas L, Lindsay W: Morphology of the adult face after repair of isolated cleft palate in childhood. *Cleft Palate J*. 1972a;9:132-142. *Cleft Palate J* 1972; 9:132-42.
- (34) Farkas L, Lindsay W: Morphology of the orbital region in adults following the cleft lip/cleft palate repair in childhood. *Am J Phys Anthropol* 1972; 37:65-74.
- (35) Farkas L, Lindsay W: Morphology of the adult face following repair of unilateral cleft lip and palate in childhood. *Plast Reconstr Surg*. 1973;52: 652-655. *Plast Reconstr Surg* 1973; 52:652-5.
- (36) Ferguson M: Developmental mechanisms in normal and abnormal palate formation with particular reference to the aetiology, pathogenesis and prevention of cleft palate. *Br J Orthod* 1981; 8:115-37.

- (37) Ferrario V, Sforza C, Schmitz J, Miani A, Serrao G: A three-dimensional computerized mesh diagram analysis and its application in soft tissue facial morphometry. *Am J Orthod Dentofacial Orthod* 1998; 114:404-13.
- (38) Ferrario V, Sforza C, Serrao G, Miani A: A computerized non-invasive method for the assessment of human facial volume. *J Craniomaxillofac Surg* 1995; 23:280-6.
- (39) Fisher D, Lo L, Chen Y, Noordhoff M: Three-dimensional computed tomographic analysis of the primary nasal deformity in 3-month-old infants with complete unilateral cleft lip and palate. *Plast Reconstr Surg* 1999; 103(7):1826-34.
- (40) Fisher D, Mann R: A model for the cleft lip nasal deformity. *Plast Reconstr Surg* 1998; 101(6):1448-56.
- (41) Fogh-Andersen P: Epidemiology and etiology of clefts. *Birth Defects Orig Artic Ser* 1971; 7:50-3.
- (42) Friede H, Johanson B: A follow-up study of cleft children treated with primary bone grafting. 1. Orthodontic aspects. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1974; 8:88-103.
- (43) Grob M: Surgery of preoperative treated cleft lips and palates; in: Hotz R, (ed): *Early treatment of cleft lip and palate*. Bern, Huber, 1964.
- (44) Hajeer M, Mao Z, Millett D, Ayoub A, Siebert J: A new three-dimensional method of assessing facial volumetric changes after orthognathic treatment. *Cleft Palate Craniofac J* 2005; 42:113-20.
- (45) Hajnis K, Farkas L, RCK Ngim: Racial and ethnic morphologic differences in the craniofacial complex; in: Farkas L, (ed): *Anthropometry of the Head and Face*. New York: Raven Press, 1994, pp 201-18.
- (46) Harradine N, Birnie D: Computerized prediction of the results of orthognathic surgery. *J Maxillofac Surg* 1985; 13:245-9.
- (47) Hemprich A, Frerich B, Hierl T, Dannhauer K: The functionally based Leipzig concept for the treatment of patients with cleft lip, alveolus and palate. *J Craniomaxillofac Surg* 2006; 34:22-5.
- (48) Hermann N, Jensen B, Dahl E, Bolund S, Kreiborg S: A comparison of the craniofacial morphology in 2-month-old unoperated infants with unilateral complete cleft lip and palate, and unilateral incomplete cleft lip. *J Craniofac Genet Dev Biol* 1999; 19(2):80-93.
- (49) Hildebrandt H. *Therapie der Lippen-Kiefer-Gaumenspalten in Tübingen zwischen 1968 und 1993 unter besonderer Berücksichtigung der*

- Osteoplastik. 1994. Med Diss Tübingen.  
Ref Type: Thesis/Dissertation
- (50) Hollmann K: Bemerkungen zur Osteoplastik bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. *Osterr Z Stomatol* 1964; 61:388.
- (51) Holtgraf E: Die osteoplastische Versorgung des Kieferspaltes - ein Fortschritt für die kieferorthopädische Behandlung des Spaltpatienten? *Fortschr Kieferorthop* 1991; 52:237-244.
- (52) Honrado C, Lee S, Bloomquist D, Larrabee W: Quantitative assessment of nasal changes after maxillomandibular surgery using a 3-dimensional digital imaging system. *Arch Facial Plast Surg* 2006; 8:26-35.
- (53) Hood C, Bock M, Hosey M, Bowman A, Ayoub A: Facial asymmetry - 3D assessment of infants with cleft lip and palate. *International Journal of Paediatric Dentistry* 2003; 13(6):404-10.
- (54) Hood C, Hosey M, Bock M, White J, Ray A, Ayoub A: Facial characterization of infants with cleft lip and palate using a three-dimensional capture technique . *2004 Jan;41(1):27-35. Cleft Palate Craniofac J* 2004; 41:27-35.
- (55) Horch H: Kraniofaziale Fehlbildungen (Teil II) Lippen-Kiefer-Gaumenspalten; in: Horch H, (ed): *Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie II*. München-Wien-Baltimore, Urban & Schwarzenberg, 1998, pp 21-128.
- (56) Horch H, Herzog M, Wegner T, Rudzki-Janson I: Clinical results of secondary osteoplasty of maxillary clefts in mixed dentition with lip-maxillary-palatal clefts. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1993; 38:61-4.
- (57) Hurwitz D, Ashby E, Llull R, Pasqual J, Tabor C, Garrison L, Gillen J, Weyant R: Computer-assisted anthropometry for outcome assessment of cleft lip. *Plast Reconstr Surg* 1999; 103(6):1608-23.
- (58) Kallen K: Maternal smoking and orofacial clefts. *Cleft Palate Craniofac J* 1997; 34:11-6.
- (59) Keese E, Schmelzle R: New findings concerning early bone grafting procedures in patients with cleft lip and palate. *J Craniomaxillofac Surg* 1995; 23:296-301.
- (60) Kling A: Evaluation of results with reference to the bite; in: Hotz R, (ed): *Early treatment of cleft lip and palate*. Bern, Huber, 1964.
- (61) Kobayashi T, Ueda K, Honma K, Sasakura H, Hanada K, Nakajima T. Three-dimensional analysis of facial morphology before and after orthognathic surgery. 18, 68-73. 1990. *J Craniomaxillofac Surg*.  
Ref Type: Generic

- (62) Koberg W: Present view on bone grafting in cleft palate. (A review of the literature). *J Maxillofac Surg* 1973; 1:185-93.
- (63) Koblin L, Koberg W: Stellungsänderungen der Seitenzahnsegmente des Oberkiefers nach Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalt-Plastiken mit und ohne Osteoplastik. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1973; 16/17:118-24.
- (64) Koch H, Neveling R, Hartung W: Die Mittelohrerkrankungen bei Gaumenspaltenträgern; in: Schuchardt K, Steinhardt G, Schwenzer N, (eds): *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Stuttgart, Thieme, 1973, p 163.
- (65) Kriens O: LAHSHAL- A Concise Documentation System for Cleft Lip, Alveolus and Palate Diagnose; What is a cleft lip and palate ? Georg Thieme Verlag, 1989.
- (66) Krimmel M, Kluba S, Bacher M, Dietz K, Reinert S: Digital Surface Photogrammetry for Anthropometric Analysis of the Cleft Infant Face. *Cleft Palate Craniofac J* 2006; 43:350-5.
- (67) Krimmel M, Kluba S, Dietz K, Reinert S: Assessment of precision and accuracy of digital surface photogrammetry with the DSP 400 system. *Biomed Tech (Berl)* 2005; 50:45-53.
- (68) Langmann J: *Medizinische Embryologie*. Stuttgart, Thieme, 1974.
- (69) Li YSB, Song Q, Zuo H, Zheng Q: Effects of lip repair on maxillary growth and facial soft tissue development in patients with a complete unilateral cleft of lip, alveolus and palate. *J Craniomaxillofac Surg* 2006; 34(6):355-61.
- (70) Malek R: *The lip and the nose; Cleft Lip and palate: Lesions, Pathophysiology and Primary treatment*. London, Martin Dunitz, 2001, pp 29-102.
- (71) Marazita M, Hu D, Spence M, Liu Y, Melnick M: Cleft lip with or without cleft palate in Shanghai, China: evidence for an autosomal major locus. *Am J Hum Genet* 1992; 51:648-53.
- (72) McCance A, Moss J, Fright W, James D, Linney A: A three dimensional analysis of soft and hard tissue changes following bimaxillary orthognathic surgery in skeletal III patients. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1992; 30:305-12.
- (73) McCance A, Moss J, Fright W, Linney A, James D, Coghlan K, Mars M: Three-dimensional analysis techniques--Part 4: Three-dimensional analysis of bone and soft tissue to bone ratio of movements in 24 cleft palate patients following Le Fort I osteotomy: a preliminary report. *Cleft Palate Craniofac J* 1997; 34:58-62.

- (74) Morris D, Illing H, Lee R: A prospective evaluation of Bass, Bionator and Twin Block appliances. Part II--The soft tissues. *Eur J Orthod* 1998; 20:663-84.
- (75) Moss J, McCance A, Fright W, Linney A, James D: A three-dimensional soft tissue analysis of fifteen patients with Class II, Division 1 malocclusions after bimaxillary surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthod* 1994; 105:430-7.
- (76) Moteji N, Tsutsumi S, Okumura H, Yokoe Y, Iizuka T: Morphologic changes in the perioral soft tissues in patients with mandibular hyperplasia using a laser system for three-dimensional surface measurement. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1999; 28:15-20.
- (77) Munker G: Gaumenspalte und Ohr; in: Pfeifer G, (ed): *Lippen-Kiefer-Gaumenspalten*. Stuttgart-New York, Thieme, 1982, p 181.
- (78) Naftel A, Trenouth M: Stereo-assisted landmark detection for the analysis of changes in 3-D facial shape. *Med Inform Internet Med* 2004; 29:137-55.
- (79) Nordin K, Johanson B: Freie Knochentransplantation bei Defekten im Alveolarkamm nach kieferorthopädischer Einstellung der Maxilla bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. ed *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1, Stuttgart, Thieme, 1955.
- (80) O'Grady K, Antonyshyn O: Facial asymmetry: three-dimensional analysis using laser surface scanning. *Plast Reconstr Surg* 1999; 104:928-37.
- (81) Opitz C, Meier B, Stoll C, Subklew D: Radiographic evaluation of the transplant bone height in patients with clefts of the lip/alveolus/palate after secondary bone grafting. *J Orofac Orthop* 1999; 60:383-91.
- (82) Park-Wyllie L, Mazzotta P, Pastuszak A, Moretti M, Beique L, Hunnisett L, Friesen M, Jacobson S, Kasapinovic S, Chang D, Diav-Citrin O, Chitayat D, Nulman I, Einarson T, Koren G: Birth defects after maternal exposure to corticosteroids: prospective cohort study and meta-analysis of epidemiological studies. *Teratology* 2000; 62(6):385-92.
- (83) Penfold C: Cleft Lip and Palate and Evidence-Based Care; in: Booth P, Schendel S, Hausamen J, (eds): *Maxillofacial Surgery*. St. Louis, Missouri, 2007, pp 1000-25.
- (84) Pfeifer G: *Lippen, -Kiefer-, Gaumenspalten: chirurg., otolog. und sprachl. Behandlung*. München, Ernst Reinhardt GmbH & Co, 1981.
- (85) Pfeifer G: Die Craniogenese aus teratologischer Sicht. *Nova Acta Leopoldina NF* 1986; 58:343.

- (86) Pickrell K, Quinn G, Massengill R: Primary bone grafting of the maxilla in clefts of the lip and palate: a four year study. *Plast Reconstr Surg* 1968; 41:438-43.
- (87) Purmann M. *Grosser und gantz Neu-gewundener Lorbeer-Krantz oder Wund-Artzney*. 223. 1722. Frankfurt; Leipzig.  
Ref Type: Generic
- (88) Ras F, Habets L, Van Ginkel F, Prahl-Andersen B: Quantification of facial morphology using stereophotogrammetry--demonstration of a new concept. *J Dent* 1996; 24:369-74.
- (89) Ras F, Habets L, Van Ginkel F, Prahl-Andersen B. Facial left-right dominance in cleft lip and palate: three-dimensional evaluation. 31, 461-5. 1994. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*.  
Ref Type: Generic
- (90) Rasse M, Forkert G, Waldhäusl P. Stereophotogrammetry of facial soft tissue. 20, 163-6. 1991. *Int J Oral Maxillofac Surg*.  
Ref Type: Generic
- (91) Rehrmann A, Koberg W, Koch H: Long-term postoperative results of primary and secondary bone grafting in complete clefts of lip and palate. *Cleft Palate J* 1970; 7:206-21.
- (92) Rehrmann A, Koberg W, Koch H: Die Auswirkungen der Osteoplastik auf das Wachstum des Oberkiefers. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1973; 16/17:102-7.
- (93) Reinert S, König S, Eufinger H, Bremerich A: Follow-up studies of 3-dimensional osteoplastic reconstruction of the extremely atrophied maxilla combined with implants. *Mund Kiefer Gesichtschir* 1999; 3:S30-4.
- (94) Ritter W: *Kraniofaziale Dysplasien und Störungen der Zahnentwicklung*. Stuttgart, Fischer, 1968.
- (95) Robertson N, Jolleys A: Effects of early bone grafting in complete clefts of lip and palate. *Plast Reconstr Surg* 1968; 42:414-21.
- (96) Romitti P, Lidral A, Munger R, Daack-Hirsch S, Burns T, Murray J: Candidate genes for nonsyndromic cleft lip and palate and maternal cigarette smoking and alcohol consumption: evaluation of genotype-environment interactions from a population-based case-control study of orofacial clefts. *Teratology* 1999; 59(1):39-50.
- (97) Saxen I: Epidemiology of cleft lip and palate. An attempt to rule out chance correlations. *Br J Prev Soc Med* 1975; 29:103-10.

- (98) Saxen I: Etiological variables in oral clefts. Proc Finn Dent Soc 1975; 71:1-40.
- (99) Schmid E: Die Annäherung der Kieferstümpfe bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, ihre schädlichen Folgen und ihre Vermeidung; in: Schuchardt K, Wassmund M, (eds): Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie. Stuttgart, Thieme, 1955.
- (100) Schrudde J, Stellmach R: Primary osteoplasty of defects of the inferior maxillary arch in cleft palate and harelip in infants; preliminary report. Zentralbl Chir 1958; 83:849-59.
- (101) Schuchardt K: Congenital deformities. I. Primary bone graft in clefts of lip, alveolus and palate. Mod Trends Plast Surg 1966; 2:214-25.
- (102) Schuchardt K: Die Entwicklung der Lippen-Kiefer-Gaumenspaltenchirurgie unter besonderer Berücksichtigung ästhetischer und funktioneller Momente. Langebecks Arch Klin Chir 1960; 295:850-6.
- (103) Schultze-Mosgau S, Nkenke E, Schlegel A, Hirschfelder U, Wiltfang J: Analysis of bone resorption after secondary alveolar cleft bone grafts before and after canine eruption in connection with orthodontic gap closure or prosthodontic treatment. Int J Oral Maxillofac Surg 2003; 61(11):1245-8.
- (104) Schulze C: Genetic factors in the etiology of cheilognathopalatoschisis. Fortschr Kieferorthop 1986; 47:346-55.
- (105) Schweckendiek H: Zur zweiphasigen Gaumenspaltenoperation bei primärem Velumverschluß; in: Schuchardt K, Wassmund M, (eds): Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie. Stuttgart, Thieme, 1955.
- (106) Schwenzer N, Arold R: Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. Dt Ärztebl 1998; 37:2262-7.
- (107) Shprintzen R, Bardach J. Cleft palate. Speech management. St. Louis: Mosby. 1995.  
Ref Type: Report
- (108) Soncul M, Bamber M: Evaluation of facial soft tissue changes with optical surface scan after surgical correction of Class III deformities . 2004 Nov;62(11):1331-40. J Oral Maxillofac Surg 2004; 62:1331-40.
- (109) Stellmach R: Historische Entwicklung und derzeitiger Stand der Osteoplastik bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Fortschr Kiefer Gesichtschir 38 1993; 38:11-14.

- (110) Stenstroem S, Thilander B: The growth retarding effect of bone grafting to the defect after extirpation of the premaxillary suture in guinea-pigs. *Panminerva Med* 1967; 9:406-7.
- (111) Stenstroem S, Thilander B: Facial skeleton growth after bone grafting to surgically created premaxillomaxillary suture defects: an experimental study on the guinea pig. *Plast Reconstr Surg* 1967; 40:1-12.
- (112) Stoelinga P, Haers P, Leenen R, Soubry R, Blijdorp P, Schoenaers J: Late management of secondarily grafted clefts. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1990; 19:97-102.
- (113) Subcommittee for approach by the delegates of the 4th Congress of the International Confederation for Plastic Surgery. Classification of clefts of lip, alveolus and palate. Transaction of the 4th International Congress of Plastic and Reconstructive Surgery. *Excerpta Medica, Amsterdam* 1969 . 1967.  
Ref Type: Report
- (114) Surwald C, Ward-Booth P: Initial experiences with digital 3-dimensional stereophotogrammetry imaging. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2000; 4:183-6.
- (115) Tünte W: Is there a secular increase in the incidence of cleft lip and cleft palate? *Cleft Palate J* 1969; 6:430-3.
- (116) Turvey T, Vig K, Moriarty J, Hoke J: Delayed bone grafting in the cleft maxilla and palate: a retrospective multidisciplinary analysis. *Am J Orthod* 1984; 86:244-56.
- (117) Vanderas A: Incidence of cleft lip, cleft palate, and cleft lip and palate among races: a review. *Cleft Palate J* 1987; 24(3):216-25.
- (118) Vegter F, Hage J. Clinical anthropometry and canons of the face in historical perspective. 106, 1090-6. 2000. *Plast Reconstr Surg*.  
Ref Type: Generic
- (119) Vegter F, Hage J. Facial anthropometry in cleft patients: a historical appraisal. 38, 577-81. 2001. *Cleft Palate Craniofac J*.  
Ref Type: Generic
- (120) Weinberg S, Naidoo S, Govier D, Martin R, Kane A, Marazita M: Anthropometric precision and accuracy of digital three-dimensional photogrammetry: comparing the Genex and 3dMD imaging systems with one another and with direct anthropometry. *J Craniofac Surg* 2006; 17:477-83.



- (121) Westermarck A, Zachow S, Eppley B: Three-dimensional osteotomy planning in maxillofacial surgery including soft tissue prediction. *J Craniofac Surg* 2005; 16:100-4.
- (122) Wilkie A, Morriss-Kay G: Genetics of craniofacial development and malformation. *Nat Rev Genet* 2001; 2(6):458-68.
- (123) Yin L, Wei X, Sun Y, Wang J, Rosato M: A 3D Facial Expression Database For Facial Behavior Research. 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR06) 2006;211-6.
- (124) Zhu N, Senewiratne S, Pigott R: Lip posture and mouth width in children with unilateral cleft lip. *Br J Plast Surg* 1994; 47:301-5.
- (125) [No authors listed]: Parameters for the evaluation and treatment of patients with cleft lip/palate or other craniofacial anomalies. *Cleft Palate Craniofac J* 1993; 30 (suppl 1):S1-16.

## **10 Danksagung**

Danken möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. S. Reinert, Direktor des Zentrums für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Tübingen, für die Überlassung des Themas sowie die persönliche Betreuung.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. Dr. M. Krimmel, Oberarzt am Zentrum für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Tübingen, für die jederzeit freundliche und kompetente Betreuung.

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Dr. G. Blumenstock vom Institut für Biometrie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen, der mir mit Rat und Tat für die statistische Auswertung zur Seite stand.

## 11 Lebenslauf

Jan Nils Schuck  
\* 14. Mai 1972 in Weiden/Bayern

### Schule

1978-1982      Grundschule Herbrechtingen-Bolheim  
1982-1991      Max-Planck-Gymnasium Heidenheim an der Brenz

### Studium

10/1991-03/1992      Physik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
04/1992-03/1993      Humanmedizin an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
04/1993-03/1998      Humanmedizin an der Ludwig-Maximilians-Universität München  
21.03.1994      - Ärztliche Vorprüfung  
23.03.1995      - Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
10.04.1997      - Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
  
21.04.-10.08.1997      Praktisches Jahr: - Innere Medizin, Med IV, München-Harlaching  
11.08.-30.11.1997      - Chirurgie, LMU München-Großhadern  
01.12.1997-      - Orthopädie, LMU München-Großhadern  
21.03.1998  
  
04.05.1998      - Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
  
05.1998-07.2002      Studium der Zahnmedizin an der Charité der Humboldt-  
Universität Berlin  
07.2002-11.2002      Staatsexamen der Zahnmedizin

### Dissertation

23.11.2000      Promotion zum Dr. med. an der Ludwig-Maximilians- Universität  
München

### Beruf

01.08.2001-      Arzt im Praktikum in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
30.11.2003      (Direktor: Prof. Dr. Dr. J. Bier) an der Charité der Humboldt  
Universität Berlin  
  
Seit 01.12.2003      Assistenzarzt an der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und  
Gesichtschirurgie der Universität Tübingen (Ärztlicher Direktor:  
Prof. Dr. Dr. S. Reinert)  
  
Seit 06.12.2006      Facharzt für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie