

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dr. h. c. U. Joos -

**Einfluss orthognather Chirurgie auf die Sprache:
Nasalität und Näseln**

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae dentium
der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Fedke, Ann-Kathrin Cäcilia Maria
aus Münster/Westf.

2010

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. W. Schmitz
1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Kleinheinz
2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. dent. T. Stamm

Tag der mündlichen Prüfung: 01.12.2010

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie
- Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Dr. h. c. U. Joos -
Referent: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Kleinheinz
Koreferent: Priv.-Doz. Dr. med. dent. T. Stamm

ZUSAMMENFASSUNG

Einfluss orthognather Chirurgie auf die Sprache:

Nasalität und Näseln

Ann-Kathrin Cäcilia Maria Fedke

In der vorliegenden klinisch prospektiven Studie wurden im Zeitraum von September 2007 bis Januar 2010 120 Dysgnathiepatienten im Hinblick auf postoperative Nasalanzveränderungen untersucht. Aufgrund einer mandibulären und/oder maxillären Dysgnathie befanden sich diese Patienten in kieferchirurgischer Behandlung in der Abteilung für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Münster. Ziel dieser Untersuchung war es, objektiv messbare postoperative Veränderungen der nasalen Resonanz zu evaluieren und diese in Abhängigkeit vom Ausmaß der vertikalen und sagittalen Kieferverlagerung zu analysieren. Am Tag der stationären Aufnahme zur Umstellungsosteotomie (T1), sowie mindestens sechs Monate postoperativ (T2) am Tag der stationären Aufnahme zur Metallentfernung, erfolgte die Ermittlung der Nasalanz aller Patienten mit dem NasalView® - System.

Nur wenige signifikante Unterschiede der prä- und postoperativen Nasalanzmittelwerte deuteten sowohl auf eine postoperative Nasalanzminderung, als auch auf eine Nasalanzsteigerung hin. Ein deutlicher Trend der Nasalanzveränderung konnte jedoch auch in Abhängigkeit von der Kieferverlagerung (reine Unterkieferverlagerung vs. Kombination aus Ober- und Unterkieferverlagerung) ausgeschlossen werden. Dagegen zeigte sich, dass es mit zunehmender Hochverlagerung bzw. Impaktion des Oberkiefers zu einer größeren Veränderung der Nasalanz kam. Auch die Höhe des präoperativen Nasalanzwertes wirkte sich signifikant auf die postoperative Nasalanzveränderung aus. Zusammenfassend konnte dadurch gezeigt werden, dass eine Kranialverlagerung des Oberkiefers und eine damit verbundene Veränderung der velopharyngealen Strukturen zu einer Beeinflussung der nasalen Resonanz führen kann. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen sagittaler Oberkieferverlagerung und postoperativer Nasalanzveränderung konnte in dieser Untersuchung indessen ausgeschlossen werden.

Tag der mündlichen Prüfung: 01.12.2010

Meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Dysgnathien	1
1.1.1	Allgemeine Grundlagen	1
1.1.2	Systematik und Klassifikation der Dysgnathien.....	2
1.1.3	Therapie der Dysgnathien	5
1.1.3.1	Lagekorrekturen des Unterkiefers: Die Methode nach Obwegeser-Dal Pont.....	7
1.1.3.2	Lagekorrekturen des Oberkiefers: Die Le-Fort-I-Osteotomie	9
1.1.3.3	Chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung und transpalatinale Distraction.....	12
1.2	Näseln und Nasalanze	13
1.2.1	Sprache und Stimmerzeugung	13
1.2.2	Anatomische und funktionelle Grundlagen.....	14
1.2.3	Nasalität, Näseln und Nasalanze: Definitionen und Erläuterungen	18
1.3	Mögliche Veränderungen der Nasalanze nach Dysgnathieoperationen.....	22
1.3.1	Stand der Literatur	22
1.3.2	Fragestellung und Ziele dieser Studie.....	25
2	Material und Methoden	27
2.1	Studienpopulation.....	27
2.2	Methoden:	28
2.2.1	Nasalanzmessung und Datenerhebung.....	28
2.2.2	Technische Grundlagen des verwendeten NasalView® - Systems.....	30
2.3	Datenerhebungsbogen	34
2.4	KFO-Planungsbogen.....	36

2.5	Statistische Auswertung	38
3	Ergebnisse	40
3.1	Das untersuchte Patientenkollektiv	40
3.1.1	Darstellung der präoperativen Diagnose und des Operationstyps	40
3.1.2	Untersuchung beider Gruppen auf Altersunterschiede zu den Zeitpunkten der Datenerhebung (prä- bzw. postoperativ).....	42
3.2	Die räumliche Verlagerung von Ober- und Unterkiefer	43
3.2.1	Darstellung der chirurgischen Verlagerungsrichtung.....	43
3.2.2	Darstellung des Verlagerungsausmaßes	44
3.3	Die Veränderung der Nasalanz	46
3.3.1	Nasalanzunterschiede aller Patienten.....	46
3.3.2	Nasalanzunterschiede der Bi-Max-OP-Gruppe	48
3.3.3	Nasalanzunterschiede zwischen den beiden Gruppen.....	50
3.4	Die Veränderung der Nasalanz: Einfluss einzelner Variablen	54
3.5	Die Veränderung der Nasalanz und die Korrelation zu der sagittalen und vertikalen Kieferverlagerung	60
4	Diskussion	62
4.1	Das untersuchte Patientenkollektiv	62
4.2	Die räumliche Verlagerung des Ober- und Unterkiefers.....	66
4.3	Mögliche Nasalanzveränderungen	71
4.4	Einfluss der Kieferverlagerung auf die Nasalanzveränderung.....	75
4.5	Ausblick.....	79

5	Zusammenfassung	81
6	Literaturverzeichnis	84
7	Lebenslauf	97
8	Danksagung	98
9	Anhang	I
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	I
9.2	Tabellenverzeichnis.....	III
9.3	Erfasste Variablen und deren Definition.....	IV

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
a	Regressionskoeffizient
Abb.	Abbildung
Ave.	Nasalanzmittelwert
bzw.	beziehungsweise
c	Konstante
ca.	circa
f	weiblich
et al.	und andere
ID	Identifizierungsnummer
OK	Oberkiefer
m	männlich
max.	Maximum
min.	Minimum
mm	Millimeter
n	Anzahl/Häufigkeit
Nr.	Nummer
p	Signifikanzniveau
präop	präoperativ
postop	postoperativ
r ²	Bestimmtheitsmaß
Sig.	Signifikanz
SD	Standardabweichung
u.a.	unter anderem
UK	Unterkiefer
vs.	versus, gegenüber gestellt
x	abhängige Variable
\bar{x}	Mittelwert
y	unabhängige Variable
z.B.	zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach
zit.n.	zitiert nach
>	größer als
<	kleiner als
%	Prozent

1 Einleitung

1.1 Dysgnathien

1.1.1 Allgemeine Grundlagen

Befinden sich Ober- und/oder Unterkiefer in einer angeborenen oder erworbenen anormalen Lage, Größe oder Stellung, so spricht man von einer Dysgnathie [34, 79].

Zur Differenzierung lässt sich zwischen dentoalveolären und skelettalen Dysgnathien unterscheiden [34].

Dentoalveoläre Dysgnathien manifestieren sich in Form von Fehlstellungen des Zahnhalteapparates, wohingegen die Hauptmerkmale der skelettalen Dysgnathien Anomalien der Lage oder Größe von Ober- und Unterkiefer zueinander oder zur Schädelbasis sind [19]. Skelettale Dysgnathien können bilateral symmetrisch oder asymmetrisch auftreten [54]. Trotz der Differenzierung lassen sich skelettale und dentoalveoläre Dysgnathien selten voneinander trennen [79].

Aus ätiologischer Sicht führen sowohl genetische, wie auch umweltbedingte Einflüsse zu der Entstehung einer Dysgnathie [24]. Ein unproportionales Wachstum der Kiefer zueinander und zur anterioren Kieferbasis verursacht dabei die Entwicklung einer ausgeprägten skelettalen Fehlstellung [33].

Die Häufigkeit skelettaler Dysgnathien mit der Indikation einer chirurgischen Korrektur ist regional sehr verschieden. Die Inzidenz einer sogenannten Klasse-II-Fehlposition variiert in den Angaben der Literatur zwischen 20 % und 40 %.

Nach Schätzungen in der Literatur weisen ca. 10 % der Bevölkerung eine Unterkieferunterentwicklung mit der Indikation einer chirurgischen Korrektur auf [34].

Laut epidemiologischer Untersuchungen in Deutschland kann bei 22 % der Erwachsenen eine stark ausgeprägte Dysgnathie diagnostiziert werden. Lediglich 2 % der Deutschen besitzen ein normales bzw. anatomisch korrektes Gebiss [zit.n. 84].

1.1.2 Systematik und Klassifikation der Dysgnathien

Die dentoalveoläre Klassifikation der Dysgnathien basiert auf der erstmaligen Einteilung okklusaler Störungen durch Edward Hartley Angle im Jahr 1887 [51, 79, 86]. Es wird dabei angenommen, dass sich der erste obere Molar in einer richtigen Stellung befindet. Unter dieser Berücksichtigung wird jener als Referenzzahn dieser Klassifikation bestimmt [25]. Die Klassifikation berücksichtigt nur die Sagittalebene.

- Angle-Klasse 1: Neutralokklusion
Der mesio-bukkale Höcker des oberen 6 Jahr-Molaren liegt in der Querrissur zwischen mesio- und zentro-bukkalen Höcker des unteren 6 Jahr-Molaren.
- Angle-Klasse 2: Distalokklusion
Der untere 6 Jahr-Molar ist nach distal versetzt.
Die Frontzähne befinden sich dabei entweder in protrudierter (Klasse II1) oder in retrudierter Stellung (Klasse II2).
- Angle-Klasse 3: Mesialokklusion
Bei einer Mesialverlagerung des unteren 6 Jahr-Molaren kommt es zu einem Kreuzbiss der Frontzähne [25, 79, 86].

Diese Einteilung beschreibt lediglich die Fehlstellung der Zähne, ohne dass der zugehörige Alveolarfortsatz seine reguläre Beziehung zur skelettalen Basis verloren haben muss. Somit bleibt dabei die skelettale Lage der Kiefer zueinander und zur transversalen und vertikalen Ebene des Schädels unberücksichtigt [86].

Daraus ergibt sich, dass bei Anomalien der Lage oder Größe von Ober- und Unterkiefer von skelettalen Dysgnathien gesprochen wird.

Man unterscheidet dabei zwischen Anomalien in der Sagittal-, Frontal- und Transversalebene [2, 79].

(zur räumlichen Darstellung siehe Abbildung 1):

Dysgnathien in der Sagittalebene:

In dorso-ventraler Richtung weicht die Position von Ober- und/oder Unterkiefer zur Schädelbasis mono- oder bimaxillär von einer eugnathen Stellung ab [79].

- **Mandibuläre Prognathie:** Vorlage oder Mesialverlagerung des Unterkiefers.
Der Unterkiefer ist in sagittaler Richtung überentwickelt (Mesialbiss), so dass es zu einem Vorbiss der Unterkieferfrontzähne und zu einer umgekehrten sagittalen Frontzahnstufe kommt (frontaler Kreuzbiss). Das Kinn springt bei einer Prominenz des unteren Gesichtsdrittels hervor [34, 86].
- **Mandibuläre Retrognathie:** Rücklage oder Distalverlagerung des Unterkiefers.
Der Unterkiefer ist nach distal verlagert, so dass sich auch die unteren Frontzähne in einer rückwärtigen Position befinden. Durch eine retrudierte Kinnposition besteht häufig ein mangelhafter Lippenschluss [34, 86].
Eine mandibuläre Retrognathie ist meist angeboren und als eine isolierte Anomalie anzusehen. Sie kann jedoch auch im Zusammenhang mit einem Syndrom auftreten (z.B. Robin-/Franceschetti-Syndrom) oder durch erworbene Ursachen (Trauma, Infektion oder Radiatio) entstanden sein [34, 52].
- **Maxilläre Prognathie:** Vorlage des Oberkiefers.
Durch eine maxilläre Prognathie entsteht, im Profil betrachtet, eine konvexe Gesichtskontur. Die Lippenbalance ist dabei meist gestört, da die Unterlippe zwischen den Zahnreihen liegt. Somit stehen die Unterkieferfrontzähne achsengerecht und die Oberkieferfrontzähne werden durch den Lippendruck nach vorne geschoben [34].
- **Maxilläre Retrognathie:** Rücklage des Oberkiefers.
Bei einer Unterentwicklung des Oberkiefers wirkt das Mittelgesicht meist abgeflacht. Dabei weisen die Patienten häufig einen frontalen und seitlichen Kreuzbiss auf [34, 86].
Eine maxilläre Retrognathie stellt oftmals ein Merkmal ausgewachsener Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten dar [17, 53, 73, 78].

Desweiteren ist eine Rücklage des Oberkiefers häufig ein Symptom von Syndromen, wie dem Morbus Crouzon oder dem Apert-Syndrom. Bei diesen besteht darüber hinaus eine gesamte Hypoplasie des Mittelgesichtes [51, 86].

Mit diesen sagittalen Kieferfehlstellungen können vertikale Veränderungen kombiniert auftreten. Dabei verändert sich der Abstand zwischen den Kiefern durch eine vertikale Über- oder Unterentwicklung des Ober- und/oder Unterkiefers, so dass ein Tiefbiss oder ein offener Biss entsteht [2, 51, 79, 86].

Dysgnathien in der Frontalebene:

Laterognathien:

Prinzipiell werden mandibuläre und maxilläre Seitenabweichungen von der Mittellinie unterschieden. Häufiger ist jedoch der Unterkiefer von einer Seitenabweichung betroffen: Mandibuläre Laterognathie [33, 51, 79].

Dysgnathien in der Transversalebene:

Betrachtet man die Kiefer in der Transversalebene bzw. Horizontalebene, so wird das Verhältnis der Zahnbögen zueinander deutlich. Bei unterschiedlicher Größe der Zahnbögen von Ober- und/oder Unterkiefer kann es zum sogenannten Kreuzbiss kommen [2, 33, 79, 86].

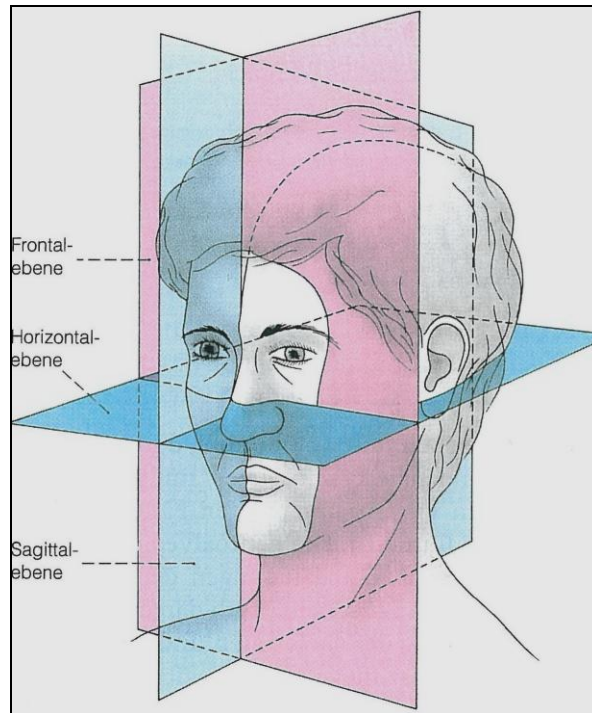


Abb. 1: Räumliche Darstellung der drei Ebenen des Gesichtsschädels:

Frontalebene als Orbitalebene

Sagittalebene als Median-Sagittalebene

Horizontalebene als Frankfurter Horizontalebene [aus 45].

1.1.3 Therapie der Dysgnathien

Ausgeprägte Bisslageanomalien, die mit reinen kieferorthopädischen Mitteln nicht mehr auszugleichen sind und nicht nur mehr dem Bereich der dentoalveolären Dysgnathien zugeordnet werden können, werden in einem kombinierten kieferchirurgisch-kieferorthopädischen Behandlungskonzept korrigiert [2, 41, 54]. Hierbei werden die knöchernen Strukturen chirurgisch getrennt und in korrigierter Position fixiert [41].

Die Indikation zur chirurgischen Korrektur der Dysgnathie ist, neben dem oben erwähnten Ausmaß einer Dysgnathie, auch vom skelettalen Wachstumstyp, dem Alter und besonders von der Compliance des Patienten abhängig [2, 41].

Die interdisziplinäre Behandlung durch Kieferorthopäden und Kieferchirurgen lässt sich in drei Blöcke teilen. Der kieferorthopädischen Vorbehandlung zur Ausformung und

Harmonisierung der Zahnbögen folgt der chirurgische Eingriff zum Ausgleich der skelettalen Anomalie. Zur Feineinstellung der Okklusion schließt sich dem chirurgischen Eingriff eine abschließende kieferorthopädische Behandlung an [45, 61].

Somit wird offensichtlich, dass Indikationsstellung, Diagnostik und Therapieplanung in interdisziplinärer kieferorthopädischer/kieferchirurgischer Zusammenarbeit erfolgen müssen [12] und sich daraus folgende gemeinsame Ziele ergeben:

- Herstellung einer gesicherten Okklusion und Artikulation
- Verbesserung der Sprechfunktion
- Verbesserung der Ästhetik durch Harmonisierung des Gesichtsprofils
- Vermeidung von Schädigungen des Parodontiums und der Zähne
- Vorbeugung von Myoarthropathien
- Ausgleich von dysgnathiebedingten Kiefergelenksbeschwerden
- Langzeitstabilität des stomatognathen Systems [2, 12, 45, 69, 79]

Grundlage einer komplexen interdisziplinären Therapie ist eine ausführliche kieferorthopädische und kieferchirurgische Diagnostik [81].

Zu dieser gehören eine kephalometrische Untersuchung mittels Fernröntgenseitenaufnahmen, eine Modellanalyse, eine En-face- bzw. Profilanalyse und eine Funktionsanalyse (Kaumuskulatur/Kiefergelenk) [33, 61].

Die definitive Behandlungsplanung zur chirurgischen Intervention erfolgt erst nach Erreichen des prächirurgischen kieferorthopädischen Therapieziels [12, 33, 45].

Mit Hilfe eines Modells, welches in einem Artikulator schädelbezogen eingebracht wurde, wird die geplante skelettale Verlagerung in einer Modell-Operation simuliert [34, 45]. Anhand dieser Simulation werden sogenannte KFO-Planungsbögen erstellt, auf denen die vermessenen Verlagerungsstrecken angegeben werden (Kapitel 2.4). Die angestrebte okklusale Position wird dabei durch einen Kunststoffsplint verschlüsselt, der intraoperativ zur Sicherung der neu eingestellten Okklusion eingesetzt und meist bis zum Beginn der kieferorthopädischen Nachbehandlung im Mund des Patienten belassen wird [33, 34, 61, 79].

Lagekorrekturen von Ober- und Unterkiefer können auch simultan in einem bimaxillären chirurgischen Eingriff korrigiert werden [81]. Daraus folgt die Differenzierung zwischen mono- und bimaxillären Eingriffen. Nicht nur Fehlstellungen in beiden Kiefern stellen dabei eine Indikation für einen bimaxillären Eingriff dar.

Oft ist auch ein simultaner Eingriff in beiden Kiefern bei einer isolierten mandibulären oder maxillären Dysgnathie indiziert. Grund dafür ist die ausgeprägte Gefahr eines Rezidivs bei großen monomaxillären Lageveränderungen [66, 77, 81]. Übersteigt die geplante Verlagerungstrecke eines Kiefers 10 mm, so sollte zur Vorbeugung eines Rezidivs ein bimaxillärer Eingriff vorgenommen werden [41].

Mit Hinblick auf das postoperative Ergebnis ist die Wahl des chirurgischen Vorgehens von zentraler Bedeutung und muss für jeden Patienten individuell getroffen werden [87].

Im Folgenden soll der chirurgische Teil der Dysgnathie Therapie, die historische Entwicklung und die Operationstechniken, die bei den Patienten der vorliegenden Studie in der Abteilung für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Münster durchgeführt wurden, dargestellt werden. Die Techniken zur Ober- und Unterkieferverlagerung werden dazu getrennt erläutert. Allen Techniken gemein ist der intraorale Zugang.

1.1.3.1 Lagekorrekturen des Unterkiefers: Die Methode nach Obwegeser-Dal Pont

Der Ursprung der chirurgischen Kieferorthopädie geht auf die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts zurück [34].

Im Jahr 1849 publizierte der Amerikaner Simon P. Hullihen erstmalig einen Fallbericht im American Journal of Dental Science über die Korrektur eines durch eine Verbrennung deformierten Unterkiefers [6].

Danach folgte ungefähr 50 Jahre später 1897 in St.-Louis ein weiterer chirurgischer Eingriff zur Korrektur eines prognathen Unterkiefers - „St.-Louis-Operation“ -.

In der Literatur werden mit diesem zentralen Ereignis drei bedeutende Namen in Verbindung gebracht: Edward Angle, der Begründer der amerikanischen Kieferorthopädie, Vilray Blair, ein Allgemeinchirurg aus St. Louis und der Zahnarzt James Whipple, der ebenfalls aus St. Louis stammte [34, 88].

In Europa lag der Schwerpunkt der Entwicklung der Dysgnathiechirurgie in Berlin.

Dort führten eine Reihe von Kieferchirurgen neben Operationen am Unterkiefer auch Korrekturen von Oberkieferfehlstellungen durch.

Karl Schuchard betonte 1954 die Wichtigkeit der Zusammenarbeit von Chirurgen und Kieferorthopäden in seiner Arbeit „Die Chirurgie als Helferin der Kieferorthopädie“, in

der er auch erstmals die von intraoral durchgeführte schräge Osteotomie am aufsteigenden Ast des Unterkiefers darstellte [88].

Als Gegenpol zu Berlin publiziert Obwegeser 1955 erstmals die Methode der stufenförmigen sagittalen Spaltung des Unterkiefers in Graz [34, 71, 85, 93].

Sein Assistent Giorgio Dal Pont entwickelte 1958 eine Modifikation dieses Verfahrens. Durch Verlegung des bukkalen Kortikalisschnittes weiter nach ventral erzielte er eine breitere Knochenanlagerungsfläche [75, 88, 93].

Die folgende Abbildung 2 verdeutlicht diese Entwicklung:

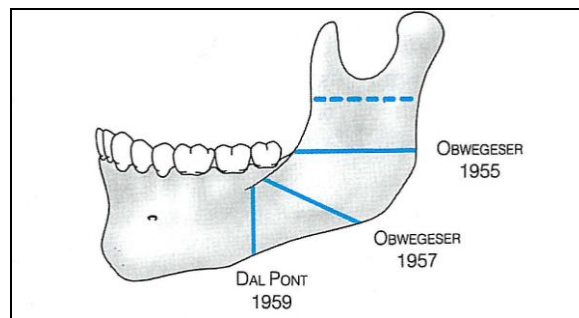


Abb. 2: Die sagittale Spaltung des Unterkiefers: Die Entwicklungsschritte der Osteotomie nach Obwegeser bzw. Dal Pont [aus 45].

Bis heute ist dieses Verfahren der enoralen Unterkieferspaltung als eine weit verbreitete Standardmethode zur Unterkieferverlagerung anzusehen [75, 79, 85].

Nach der Methode von Obwegeser-Dal Pont wird das zahntragende Fragment des Unterkiefers von den beiden gelenktragenden Unterkieferfortsätzen gelöst. Dabei wird über eine horizontale Osteotomielinie am Unterkieferfortsatz die Innenkompakte oberhalb des Foramen mandibulae durchtrennt. Entsprechend der modifizierten Methode nach Dal Pont erfolgt anschließend eine bukkale Osteotomie im Molarenbereich des Unterkieferkorpus. Durch sagittale Spaltung werden beide Osteotomien verbunden [34, 45, 79].

Nach beidseitigem Vorgehen wird das mobile zahntragende Fragment in gerichteter und verlagelter Position über Plattenosteosynthese distanzerhaltend fixiert.

Ein präoperativ angefertigter Splint gibt dafür die geplante Position des Unterkiefers in Bezug zum Oberkiefer vor [12, 34, 79]. Die praktische Durchführung wird in der folgenden Abbildung 3 dargestellt:

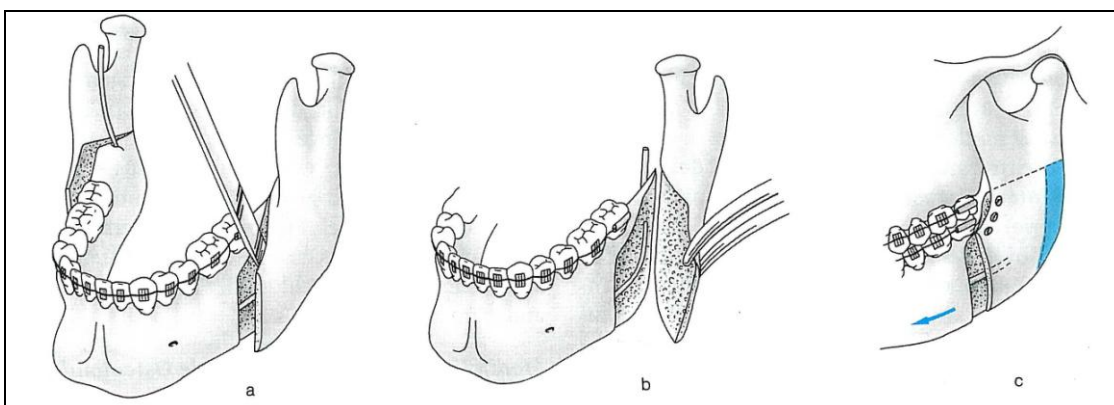


Abb. 3: Schematische Darstellung einer sagittalen Osteotomie des Unterkiefers beidseits entsprechend der Methode nach Obwegeser-Dal Pont: Vorverlagerung [aus 45].

1.1.3.2 Lagekorrekturen des Oberkiefers: Die Le-Fort-I-Osteotomie

Aufgrund der Befürchtung von Komplikationen, wie starken Blutungen, Nekrosen und Zahnverlusten, wurden Eingriffe zur Korrektur maxillärer Kieferstellungsanomalien zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt als die Korrektur mandibulärer Fehlstellungen [88].

Im Jahr 1927 führte Martin Wassmund in Berlin die erste inkomplette Mobilisation des Oberkiefers zur Korrektur einer maxillären Protrusion durch [23]. Die komplette Oberkieferosteotomie mit zusätzlich vertikaler Spaltung veröffentlichte Axhausen -Chef der Berliner Charité- im Jahr 1934 [5, 88]. Als neues Verfahren entwickelte Karl Schuchard dann 1955 die posteriore maxilläre Osteotomie zum Verschluss eines frontoffenen Bisses. Diese zweiseitige Methode wurde 1960 von Kufner zu einem einseitigen Verfahren modifiziert [88].

Durch Obwegesers Darstellung der Osteotomie der Maxilla in der Le-Fort-I-Ebene im Jahr 1965 wurde diese Methode zur einer der am häufigsten durchgeführten Verlagerungsoperation im Oberkiefer [23, 44, 61].

Schon seit 1960 arbeitete er an der Optimierung dieser Technik [23]. Daneben strebte er auch die Anwendung der Le-Fort-Osteotomie bei Spaltpatienten an [88].

Den Durchbruch brachte 1975 die von Bell propagierte Osteotomie des Oberkiefers im Sinne einer sogenannten „Down-Fracture“. Durch das Herunterklappen der Maxilla wurde das Operationsgebiet übersichtlicher und sowohl Operationsdauer, als auch Blutverlust konnten reduziert werden [8].

Zur Zeit stellt die Verlagerung der Maxilla in der Le-Fort-I-Ebene die am häufigsten angewendete Operationsmethode zur Korrektur einer Oberkieferfehlstellung dar [17, 23, 62, 69, 111].

Ziel dieser Methode ist das Lösen des zahntragenden Fragmentes der Maxilla vom Mittelgesicht zur anschließenden Verlagerung des mobilen Fragmentes in sagittaler, transversaler, wie auch in vertikaler Richtung [69].

Dazu wird die Maxilla im Le-Fort-I-Niveau beidseits horizontal, von der Apertura piriformis ausgehend, entlang der fazialen Kieferhöhlenwand fortsetzend, bis zum Processus pterygoideus osteotomiert und das knöcherne und knorpelige Nasenseptum durchtrennt [22]. Mit Lösen der Tubera maxillae vom Processus pterygoideus, der sogenannten „Down-Fracture“, kann das komplette Oberkieferfragment nach kaudal mobilisiert werden [61]. Nun ist es möglich, den mobilen Oberkiefer in der sagittalen, transversalen oder vertikalen Ebene neu zu positionieren und in gerichteter Position zu fixieren. Über den präoperativ angefertigten Splint ist die geplante Position des Oberkiefers in Bezug zum Unterkiefer festgelegt.

Osteosyntheseplatten im paranasalen Bereich und im Bereich der Crista zygomatico-alveolaris fixieren die neu eingestellte Oberkieferposition [61, 79]. Das Osteosynthesematerial wird bei dieser Methode - wie auch bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers - ca. sechs bis neun Monate in situ belassen, bis es in einem weiteren operativen Eingriff entfernt wird.

Das operative Vorgehen der Le-Fort-I-Osteotomie stellt die Abbildung 4 dar:

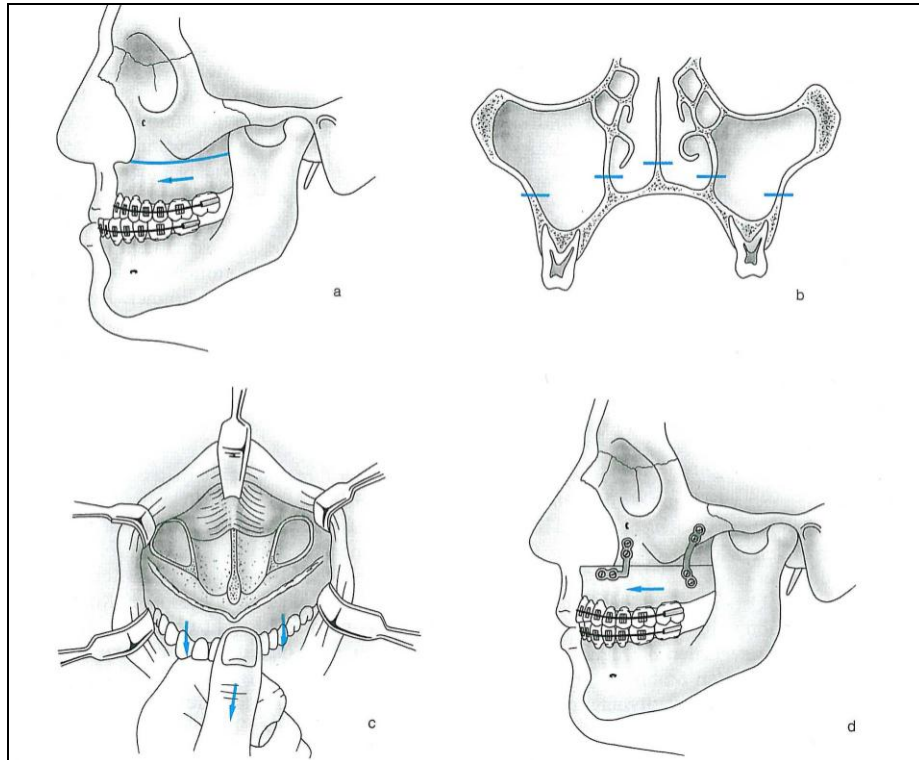


Abb. 4: Die Le-Fort-I-Osteotomie: Vorverlagerung des Oberkiefers

- a) seitliche Aufsicht
- b) Darstellung der Osteotomieebenen im Vertikalschnitt
- c) intraoperative Darstellung des Oberkiefers („Down-Fracture“)
- d) Darstellung des Oberkiefers in verlagerter Position mit Fixation über Osteosyntheseplatten [aus 45].

Die dargestellten Operationsmethoden der Umstellungsosteotomie im Ober- und Unterkiefer erfolgten bei den Patienten dieser Studie sowohl isoliert in einem monomaxillären, als auch kombiniert in einem bimaxillären Eingriff.

1.1.3.3 Chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung und transpalatinale Distraction

Transversale Engstände im Oberkiefer können sowohl durch eine chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung, als auch durch einen palatinal eingesetzten Distraktor korrigiert werden.

Nach Verknöcherung der Gaumennaht ist eine forcierte Erweiterung derselben mit ausschließlich kieferorthopädischen Mitteln nicht mehr möglich, so dass bei beträchtlichen transversalen Engständen von mehr als 5 mm eine chirurgische Gaumennahtsprengung indiziert ist [112].

Hierzu wird der Oberkiefer in der Le-Fort-I-Ebene osteotomiert. Eine „Down-Fracture“ mit vollständiger Mobilisation des Oberkiefers schließt sich jedoch nicht an.

Die Gaumennaht wird intraoperativ mit Hilfe eines Meißels median gesprengt. Eine im Oberkiefer prä- oder auch intraoperativ eingesetzte kieferorthopädische Apparatur (Hydraxschraube) führt nach medianer Spaltung und täglicher Aktivierung letztlich zur kontinuierlichen transversalen Expansion [34, 36, 45, 79].

Im Unterschied zur chirurgisch unterstützten Gaumennahterweiterung erfolgt bei einer transpalatinalen Distraction keine dentale Verankerung einer kieferorthopädischen Apparatur. Nach entsprechender Vorbereitung wird ein Distraktor mittels Schrauben am harten Gaumen chirurgisch eingebracht. Diese Methode bewirkt zur skelettalen transversalen Erweiterung eine direkte Kraftübertragung auf den Knochen [45].

1.2 Näseln und Nasalanz

1.2.1 Sprache und Stimmerzeugung

Die Sprache ist ein wesentlicher Bestandteil der zwischenmenschlichen Kommunikation. Sie ist Ausdruck einer komplexen neurologischen Leistung. Auditive und sensorische Reize, aber auch die gesamte intellektuelle Konstitution eines Individuums bestimmen den sprachlichen Ausdruck [30, 31].

Die Sprachproduktion, das Sprechen, ist von einem komplexen anatomischen Aufbau abhängig. Dazu zählen Lunge, Kehlkopf, Pharynx, Mundhöhle und Nase [30]. Dabei lässt sich zwischen dem Kehlkopf, der für die Stimmerzeugung zuständig ist, und dem oberen Pharynxteil samt Nase und Mundhöhle, die für die Artikulation verantwortlich sind, unterscheiden [31].

Der Kehlkopf, Larynx, ist wesentlich an der Sprachbildung beteiligt. Er besteht aus mehreren Knorpelteilen, die durch Bänder und Muskeln funktionell miteinander verbunden sind. Den Kehlkopf kann man anatomisch in supraglottischen Raum, Glottis und subglottischen Raum unterteilen. Ist die Glottis geschlossen, so befindet sich der Larynx in der sogenannten Phonationsstellung [76]. In dieser Stellung werden die gespannten, aneinander liegenden Stimmbänder durch den Expirationsstrom in Schwingung gebracht [27, 30, 31]. Der daraus resultierende monomorphe Ton wird durch den proximal zur Stimmlippe gelegenen Resonanzkörper verändert und geformt. Diesen Vorgang nennt man auch Artikulation [31, 109].

Zu den Hauptresonanzräumen zählen Pharynx, Mundhöhle und Nasenhöhle, die durch den harten und weichen Gaumen bzw. dem velopharyngealen Sphinkter voneinander getrennt sind [109]. Ein koordinierter Bewegungsablauf von Lippen, Zunge, Gaumensegel, Pharynxmuskulatur und Unterkiefer führt zur Entstehung der Laute [30, 96]. Konsonanten entstehen in sogenannten Artikulationszonen der Mundhöhle. Dabei ist das Gaumensegel kontrahiert und der Mund gegen die Nasenhöhle abgedichtet [30]. Vokale sind akustisch zusammengesetzte Klänge, die durch Modulation des laryngealen Stimmtones und durch ein spezifisches Zusammenspiel von Pharynx, Mundhöhle und Nase, dem Ansatzrohr oder Vokaltrakt, erzeugt werden [9, 30, 96].

Zur Bildung der Nasallaute (m, n, g) fungieren die Nasenhöhlen als zusätzlicher Resonanzkörper.

Eine fehlerhafte Nasenresonanz äußert sich in einer Störung des Stimmklanges. Diese Resonanzstörung wird als Näseln, Rhinophonie, bezeichnet [9, 10]. Die genaue Erläuterung der Begrifflichkeiten und Erklärungen zu diesem Phänomen werden im Folgenden dargestellt.

Bressmann et al. sprechen von erheblichen Differenzen der epidemiologischen Daten zu allgemeinen Stimmstörungen in der Normalbevölkerung. Die Vorkommenshäufigkeit schwankt dabei von 6-23 % für Kinder im Vorschul- und Grundschulalter.

Bei Erwachsenen liegt die Prävalenz von Stimmstörungen dagegen bei 2,7-7,2 % [13].

1.2.2 Anatomische und funktionelle Grundlagen

Akustisch und anatomisch werden Mund- und Nasenhöhle durch den Gaumen, Palatum, getrennt [16]. Der Gaumen setzt sich aus weichem und hartem Gaumen paarig zusammen.

Den harten Gaumen bildet eine Knochenplatte aus dem Processus palatinus des Oberkiefers und der Lamina horizontalis des Gaumenbeins.

Das Velum palatinum, Gaumensegel oder auch weicher Gaumen genannt, schließt sich dem harten Gaumen an [76]. Ein Bindegewebs skelett (Aponeurosis palatina), in welches 5 Muskeln einstrahlen, bildet die Grundlage der beweglichen Muskelplatte des weichen Gaumens. Jene Muskelplatte endet im frei beweglichen Zäpfchen, der Uvula [9, 27]. Der weiche Gaumen ist über velopharyngeale Muskelzüge mit der oberen Rachenmuskulatur und der Zunge funktionell verbunden. Somit bildet er mit der oberen Rachenmuskulatur einen Verschlussmechanismus, den velopharyngealen Sphinkter. Die einstrahlenden Muskeln geben in ihrem Zusammenspiel dem weichen Gaumen dabei eine große Flexibilität [32].

Zur velopharyngealen Muskulatur zählen folgende fünf paarige Muskeln:

- M. tensor veli palatini (Gaumensegelspanner): Er entspringt an der Unterseite des Keilbeins und an der Ohrtrompete. In seinem Verlauf schlingt er sich um den Hamulus pterygoideus, ändert dabei seine Zugrichtung und strahlt in die Gaumenaponeurose ein. Er spannt und hebt das Gaumensegel und öffnet zudem die Ohrtrompete.
- M. levator palatini (Gaumensegelheber): Vom Knorpel der Ohrtrompete ausgehend, strahlt der Muskel in die Sehnenplatte des Velums ein. Er hebt und streckt das Gaumensegel und öffnet die Tuba auditiva. Durch gemeinsame Kontraktion des M. constrictor pharyngeus superior schließt er den Nasenrachenraum.
- M. uvulae: Seine Zugrichtung verläuft sagittal durch das Velum. Dabei spannt und verkürzt er das Gaumensegel.
- M. palatoglossus: Nach Abspaltung aus dem M. transversus linguae verläuft er als muskuläre Grundlage, von der Zunge ausgehend, im vorderen Gaumenbogen, dem Arcus palatoglossus, zum weichen Gaumen. Dabei senkt er das Gaumensegel und hebt die Hinterzunge, so dass es zum Verschluss der Schlundenge kommt.
- M. palatopharyngeus: Aus der Aponeurose des weichen Gaumen entspringend, bildet er die muskuläre Grundlage des hinteren Gaumenbogens, Arcus palatopharyngeus. Davon ausgehend, strahlt er in die seitliche Pharynxwand ein und zieht dorsalwärts bis zum Hinterrand des Schildknorpels. Durch Kontraktion zieht er den hinteren Gaumenbogen nach medial und senkt das Velum, so dass es zu einer Verengung des Schlundes kommt [27, 32].

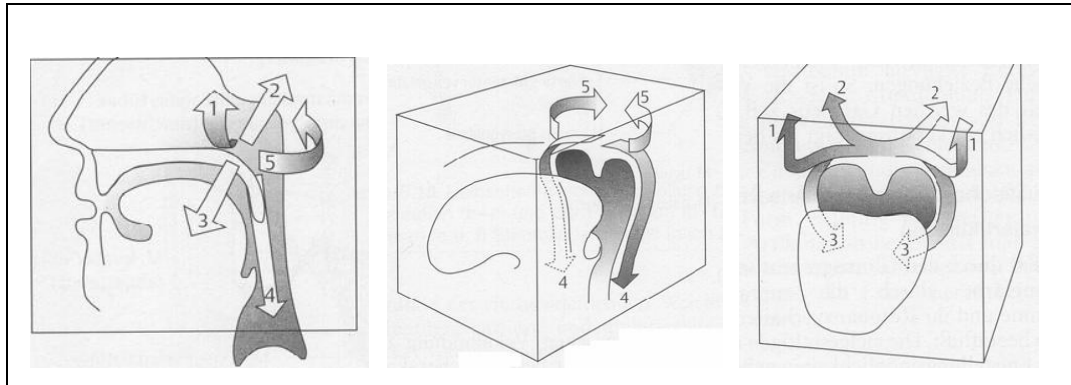


Abb. 5: Schematische Darstellung der velopharyngealen Muskulatur (nach Fritzell 1969). Die Pfeile symbolisieren die Einwirkungsrichtung [aus 32].

1. M. tensor veli palatini
2. M. levator veli palatini
3. M. palatoglossus
4. M. palatopharyngeus
5. M. constrictor pharyngeus superior

Musculus tensor veli palatini, Musculus levator palatini und Musculus uvulae bewirken gemeinsam eine Hebung nach kranial und eine Streckung nach dorsal und lateral. Demgegenüber führen Musculus palatoglossus und palatopharyngeus zu einer Senkung des Velums (Abb.5).

Gemeinsam werden die fünf paarigen Muskeln durch den Plexus pharyngeus (Äste aus Nervus vagus, Nervus glossopharyngeus und Nervus facialis) motorisch innerviert. Durch die gleichzeitige Kontraktion der Gaumensegelmuskulatur und des oberen Schlundsnürers, dem M. constrictor pharyngeus superior, kommt es zum velopharyngealen Verschluss [10]. Der obere Schlundsnürer bildet dazu in Höhe des harten Gaumens einen Halbring und trägt durch Kontraktion zur halbkreisförmigen Verengung des Rachenraums bei (Passavant'sche Wulst) [16, 27].

Mehrere physiologische Funktionen, wie z.B. das Atmen, Saugen, Schlucken und die Belüftung des Mittelohrs, sind u.a. an den weichen Gaumen und dessen Muskeln gekoppelt [9]. Die Anhebung des Velums beim Schlucken bewirkt einen Abschluss des oralen Speiseweges zum Nasenraum. Dagegen führt eine Erschlaffung des Velums bei der Respiration zur unbehinderten Nasenatmung.

Ferner hat der weiche Gaumen eine besondere Bedeutung für die Sprechfunktion [10].

Durch seine Hebung schließt er den Mundraum schall- und luftdicht gegenüber der Nasenhöhle ab und ermöglicht infolge einer Kombination zwischen Hebung und Senkung eine differenzierte Lautbildung [16].

Lediglich bei den nasalen Lauten, wie /m/, /n/, /ng/, verschließt der velopharyngeale Sphinkter den Nasenrachenraum nicht, so dass ein nasaler Klang produziert wird [10]. Eine Beteiligung der Nasennebenhöhle ist somit bei der Entstehung dieser Nasallaute als physiologisch anzusehen [67]. Kommt es jedoch zu einer Veränderung des Stimmklanges, die auf eine Störung der nasalen und oralen Kopplung zurückzuführen ist, so liegt eine Resonanzstörung vor [16].

Ist die Funktion des velopharyngealen Sphinkters unzureichend, so dass keine ausreichende Trennung von Mund- und Nasenraum gegeben ist, so spricht man von einer velopharyngealen Insuffizienz [63].

Der Begriff der velopharyngealen Insuffizienz wird zur näheren Beschreibung in zwei Gruppen untergliedert. Die strukturelle Dysfunktion, bedingt durch angeborene organische Fehlbildungen oder erworbene Defekte, definiert sich danach als eine strukturelle velopharyngeale Inadäquatheit. Wohingegen die funktionelle Unfähigkeit des Patienten, bei einem ausreichenden velopharyngealen Verschluss, als funktionelle velopharyngeale Inkompetenz bezeichnet wird [16].

Grundlage der pathologischen Veränderung des velopharyngealen Sphinkters können kongenitale Ursachen (Syndrome, LKG-Spalten, angeborenes zu kurzes Velum), erworbene Ursachen (zentrale und periphere Schädigungen des Nervensystems, wie z.B. Schädel-Hirntrauma, Virusinfektionen und degenerative Erkrankungen) und funktionelle Ursachen (z.B. das offene Näseln bei Hörbehinderten) sein [91].

Inwiefern eine Veränderung des velopharyngealen Sphinkters bzw. der nasalen Resonanz nach einer Dysgnathieoperation an dieser Stelle einzuordnen ist, ist bis jetzt nur unzureichend erforscht und soll im Zusammenhang mit dieser Studie weiter untersucht werden.

Sicher ist, dass eine velopharyngeale Insuffizienz zu einer Veränderung des Stimmklanges und der Artikulation führt und ein suffizient schließender velopharyngealer Sphinkter Grundlage einer adäquaten oralen und nasalen Resonanzbildung darstellt [56].

Viele Autoren berichten, dass eine velopharyngeale Insuffizienz und eine dadurch veränderte nasale Resonanz oft im Zusammenhang mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalt-Patienten auftreten [15, 17, 58, 62, 82].

1.2.3 Nasalität, Näseln und Nasalanz: Definitionen und Erläuterungen

Der Begriff Nasalität stammt aus der Linguistik und dient der Charakterisierung des nasalen individuellen, natürlichen Klanges während der Lautbildung [31, 67].

Die Nasalität ist als eine normale Komponente des Stimmklanges anzusehen [10].

Sie ist individuell recht verschieden ausgeprägt und beeinflusst letztlich den Stimmeindruck, der von einer sprechenden Person wahrgenommen wird [10, 16].

Selbst in der deutschen Sprache variiert der Normbereich der Nasalität in Abhängigkeit vom Sprecher und dessen Dialekt. So werden zum Beispiel im schwäbischen und saarländischen Raum die Vokale stärker nasaliert [67].

Viele Faktoren, die untereinander in Verbindung stehen, bestimmen den Grad der Nasalität. Dazu zählen nach *Kummer et al.* u.a. das Verhältnis von oraler und nasaler Impedanz und die Größe des Raumes von Pharynx, Mund- und Nasenhöhle [57].

Entscheidend ist, dass mit Nasalität etwas „Normales“ gekennzeichnet wird [16].

Werden abweichend vom normalen Nasalitätsmaß die suprapalatalen Räume, Nasen- und Nebenhöhlen, zu stark an der Lautbildung beteiligt, spricht man vom Näseln [7, 89]. Infolge des fehlerhaften Abschlusses zwischen Mund und Nase kommt es bei der Lautbildung zu einem zu starken (Hypernasalität) oder zu schwachen (Hyponasalität) Luftstrom durch die suprapalatalen Räume [56].

Zur internationalen Terminologie wird -nach dem aktuellen Standard der International Association of Logopedics and Phoniatrics (IALP)- eine einheitliche Klassifikation der nasalen Resonanzstörung verwendet.

Diese richtet sich nach der von *Gutzmann* (1912) erstellten und in der deutschen Phoniatrie festgelegten perzeptiven Klassifikation [16].

Zur schematischen Erklärung der Resonanzstörungen ist auch die Abbildung 6 heranzuziehen.

- **Hypernasalität:** Hyperrhinophonie, Rhinophonia aperta, offenes Näseln.
Eine pathologisch vergrößerte Nasalität oder ein Überfluss am nasalen Anteil des Stimm- und Sprachschalls führen zu einer Hypernasalität [43, 98, 99, 100, 101]. Der Luftstrom und die akustische Energie schlagen hierbei durch die Nase durch [16]. Die Ursache dafür ist meist eine velopharyngeale Insuffizienz [13, 31, 58, 97, 103]. Beim Sprechen entweicht dabei auch bei der Bildung der Orallaute Luft durch die Nase [31].
- **Hyponasalität:** Hyporhinophonie, Rhinophonia clausa, geschlossenes Näseln.
Eine pathologisch verminderte Nasalität oder ein Mangel des nasalen Anteils am Stimm- und Sprachschall, führen zu einer Hyponasalität [43, 98, 99, 100, 101]. Da der Luftstrom durch eine verlegte Nase behindert ist, werden die Laute /m/, /n/, /ng/ nicht im Nasen-, sondern lediglich im Mundraum gebildet [10]. Durch diese Blockade der nasalen Resonanz entsteht ein „verschnupfter Stimmklang“ [31, 1]. Dabei lassen sich, je nach Lokalisation des mechanischen Hindernisses in der Nasenhöhle, zwei Arten der Hyponasalität unterscheiden. Es wird zwischen einer anterioren Verlegung der Nasenhaupthöhle und einer posterioren Verlegung des Nasopharynx differenziert [10, 16]. Die genaue Lokalisation dieser Unterscheidung ist auch aus Abbildung 6 zu entnehmen.
- **Gemischte Nasalität:** Cul-de-Sac-Resonanz, Rhinophonia mixta.
Diese Mischform setzt sich sowohl aus einer Hypernasalität als auch aus einer Hyponasalität zusammen [43] und ist häufig bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalt-Patienten zu diagnostizieren. Aufgrund einer verlegten Nasenluftpassage entsteht zum einen eine Hyponasalität und wegen einer velopharyngealen Insuffizienz zum anderen eine Hypernasalität. Dabei kommt es zu einer starken Dämpfung und Reduktion des Schalldrucks. Der sich daraus entwickelnde Klang ist leise und dünn. Für den Patienten ist dieses Phänomen oft mit einer hohen Sprechanstrengung verbunden.
- **Alternierende Nasalität:** Wechselnde Nasalität, Rhinophonia alterans.
Aufgrund einer neurologischen Läsion kommt es zu einem ständigen Wechsel von Hypernasalität und Hyponasalität [43, 98, 99, 100, 101].

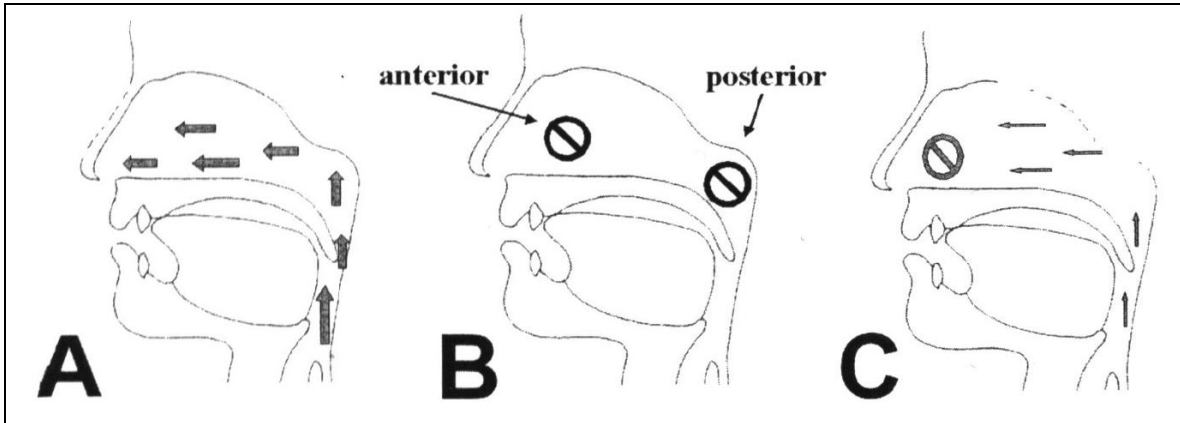


Abb. 6 : Schematische Übersicht über die Einteilung der Resonanzstörungen:

A Hypernasalität

B Hyponasalität, abhängig vom Passagehindernis: posteriore und anteriore Verlegung

C Cul-de-Sac-Resonanz [aus 16].

Der Begriff der Nasalananz wird als prozentuales Verhältnis der nasalen zur gesamten Schallenergie definiert und ist somit ein rein technischer Begriff [10, 58]. Zur quantitativen Beurteilung der nasalen Resonanz hat sich die getrennte Messung von oralem und nasalem Schalldruck bewährt [4, 13, 14].

Die beiden Schallsignale werden nach der von *Fletcher* entwickelten Formel verrechnet [28, 29]:

$$\text{Nasalananz (in \%)} = \frac{\text{nasale akustische Energie}}{\text{nasale und orale akustische Energie}} \times 100$$

Ein bekanntes Gerät zur computerisierten Nasalananzmessung stellt das Nasometer® dar. Viele klinische Untersuchungen konnten zeigen, dass sich das Gerät zur objektiven Nasalananzbestimmung eignet [21, 35, 40, 59, 64, 67, 72, 73, 89, 90, 96, 102, 111]. Alternativ zum Nasometer® wurde 1997 das NasalView® von Awan entwickelt [3].

Der entscheidende Unterschied für die klinische Brauchbarkeit beider Geräte liegt darin, dass das Nasometer® bei der Aufnahme eine Gleichstromumwandlung des Signals durchführt. Dadurch geht das akustische Signal verloren.

Im Gegensatz dazu kann mit dem NasalView® durch digitale Signalumwandlung das Schallsignal wiedergegeben, zu einem späteren Zeitpunkt erneut betrachtet und zur klinischen Diagnostik verwendet werden [3, 58].

Im Hinblick auf die Möglichkeit einer objektiven Hypernasalitätsdiagnostik mit dem NasalView® berichtet *Wermker* von einer Testeffizienz von 84,2 % - 90,5 % zur Differenzierung einer Hyperrhinophonie nach einer Schnelldiagnostik durch einen nasalen und einen nichtnasalen Satz [107].

Das NasalView® zeigt sich in dieser, wie auch in anderen Untersuchungen [14, 15, 50, 58, 107], als ein praktikables und objektives Instrument zur klinischen Nasalanzdiagnostik.

Deshalb ist das Gerät auch Grundlage der prä- bzw. postoperativen Nasalanzmessung dieser Untersuchung.

1.3 Mögliche Veränderungen der Nasalanz nach Dysgnathieoperationen

1.3.1 Stand der Literatur

Anatomische Strukturen und die Konfiguration des knöchernen Gesichtsschädels können Einfluss auf die Sprache im Hinblick auf eine Resonanzstörung haben [57, 91, 108]. Sowohl strukturelle Defizite (kurzes Gaumensegel, tiefer Nasopharynx), funktionelle Störungen (Artikulationsstörungen), als auch dynamische Einschränkungen (schlecht bewegliches Gaumensegel, geringe Bewegung der lateralen Pharynxwände) können nach allgemeiner Auffassung zur velopharyngealen Insuffizienz und Hyperrhinophonie führen [91].

Signifikante Beziehungen zwischen Gesichtsschädelaufbau und Nasaliätsgrad konnten nachgewiesen werden. Die nasopharyngealen Variablen, wie die sagittale Tiefe des nasopharyngealen Luftwegs und die Länge des Gaumensegels, beeinflussten dabei wesentlich den Sprechklang [38, 47, 57, 91].

Inwieweit Verlagerungen und Positionsveränderungen von Ober- und Unterkiefer durch eine Dysgnathieoperation Einfluss auf sprechsprachliche Veränderungen haben, wird zum Teil kontrovers diskutiert [11, 17, 20, 74, 102].

Viele Autoren stellen in diesem Zusammenhang fest, dass es insbesondere nach Le-Fort-I-Osteotomien im Oberkiefer bei Spalt-Patienten wie auch bei gesunden Patienten zu nicht signifikanten Veränderungen der Nasalanz oder der nasalen Resonanz kommen kann [55, 65, 83, 95, 96]. Andere Autoren berichten von zunehmender Hypernasalität bzw. Beeinträchtigung der velopharyngealen Funktion bei Spalt-Patienten nach Oberkieferverlagerungen [49, 70, 80, 82, 102, 110].

Die Le-Fort-I-Osteotomie im Oberkiefer kann als ein etabliertes Verfahren zur Korrektur einer Kieferfehlstellung und zum Ausgleich ausgeprägter Okklusionsstörungen angesehen werden [17, 42, 49, 55, 62, 69, 111]. Ferner stellt sie durchaus in Kombination mit einer bilateralen Ramusosteotomie des Unterkiefers nach der Methode von Obwegeser-Dal Pont den Goldstandard zur Behandlung einer bimaxillären Dysgnathie und zur Schaffung eines harmonischen Gesichtsprofils dar [111].

Vorverlagerungen des Oberkiefers nach einer Le-Fort-I-Osteotomie können jedoch zu einer Vergrößerung des Abstandes zwischen dem weichen Gaumen und der hinteren Pharynxwand führen [17, 18, 42, 60, 82, 105].

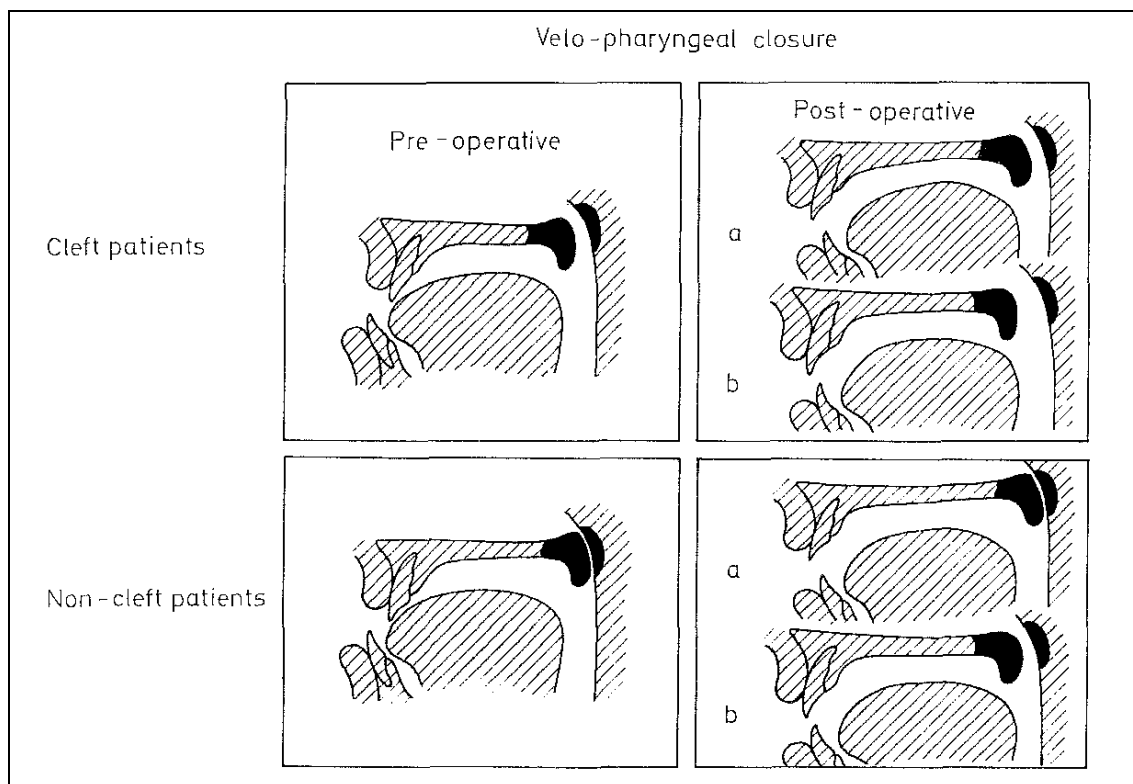


Abb. 7: Prä- und postoperativer velopharyngealer Abschluss: Schematische Darstellung bei Spalt- bzw. Nichtspaltpatienten. Nichtspaltpatienten: a) Suffizienter postoperativer Abschluss des Velums b) Insuffizienter postoperativer Abschluss des Velums [aus 82].

Wie aus der Abbildung 7 von Schwarz und Gruner zu entnehmen ist, besteht postoperativ die Gefahr, dass es durch Verlagerung des weichen Gaumens im Zusammenhang mit einer Oberkieferumstellungsosteotomie zu einem insuffizienten velopharyngealen Abschluss kommen kann [82].

Somit beeinflusst nach Cheung et al., Heliövara et al. und Chanchareonsook et al. diese anatomische Veränderung möglicherweise postoperativ den velopharyngealen Abschluss und die Entwicklung einer Hypernasalität [17, 18, 42]. Die Suffizienz des präoperativen velopharyngealen Abschlusses [17, 26, 55, 105, 110] und das Ausmaß

der Verlagerungsstrecke [26, 62] sind dabei für das postoperative Auftreten einer Hypernasalität nach Oberkieferverlagerungen nicht unbedeutend.

Das Phänomen der Hypernasalität bzw. einer velopharyngealen Insuffizienz stellt offensichtlich eine häufig zu diagnostizierende Resonanzstörung bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten dar [15, 49]. Aus diesem Grunde wird in der Literatur vielfach der Einfluss orthognather Chirurgie auf die Nasalität bzw. das Näseln bei dieser Patientengruppe untersucht.

Wenige Studien haben bis jetzt die Veränderung der Nasalanze nach orthognather Chirurgie bei gesunden Patienten evaluiert.

Zemann et al. untersuchten das Ausmaß der Nasalanzeveränderung an 20 gesunden Patienten durch Sprachmessungen vor bzw. 6 Wochen nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie. Dabei stellten sie fest, dass keine signifikanten postoperativen Nasalanzeveränderungen ($p = 0,305$, Wilcoxon-2-Sample-Test) zu verzeichnen waren. Jedoch weisen sie in ihrer Studie darauf hin, dass die Verlagerungsrichtung des Oberkiefers durchaus Einfluss auf den velopharyngealen Abschluss haben kann [111]. Auch *Van Lierde et al.* konnten nach prä- bzw. postoperativer Untersuchung von 8 Patienten mit orthognather Unterkieferverlagerung keine signifikanten Veränderungen sowohl der Nasalanze, als auch der Sprachcharakteristika ermitteln. Vielmehr betonen sie, dass präoperativ bestehende Artikulationsfehler auch nach einem orthognathen Eingriff bestehen können [96].

Beide Forschungsgruppen verwendeten zur Nasalanzebeurteilung das Nasometer®, wohingegen in vielen anderen Untersuchungen lediglich eine subjektive Einschätzung durch einen Sprachtherapeuten erfolgte.

So untersuchten *Vallino et al.* 34 Dysgnathiepatienten, bei denen entweder eine Le-Fort-I-Osteotomie, eine bisaggitale Unterkiefer-Ramus-Osteotomie oder ein bimaxillärer Eingriff durchgeführt wurde. Vor bzw. 3, 6, 9, und 12 Monate nach der Operation erfolgte neben anderen Sprachuntersuchungen eine subjektive Einschätzung der Nasalanze. Dabei konnte das postoperative Auftreten einer Hypernasalität jedoch nicht diagnostiziert werden [95].

Auch *Dalston et al.* konnten nach subjektiver Nasalanzebewertung von 40 Patienten eine Veränderung derselben im Zusammenhang mit Oberkieferverlagerungen ausschließen [20].

1.3.2 Fragestellung und Ziele dieser Studie

Nach Studium der Literatur und der darin dargestellten Problematik wird offensichtlich, dass es durch verlagernde Eingriffe am Ober- und Unterkiefer aufgrund anatomischer Beziehungen zu den Resonanzräumen des Mittelgesichts (Nase und Nasennebenhöhlen) und besonders zum velopharyngealen Bereich zur Beeinflussung der nasalen Resonanz kommen kann.

Wie bereits erwähnt, wird dieses Phänomen jedoch überwiegend in Verbindung mit Lippe-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten betrachtet. Wenige Studien stellen den Einfluss orthognather Chirurgie auf Veränderungen der Nasalanz und den Zusammenhang zwischen Resonanzstörungen und Gesichtsschädelaufbau bei gesunden Patienten dar.

Unklar bleiben dabei, aufgrund geringer Anzahl an untersuchten Patienten in diesen Untersuchungen und meist zeitnahen postoperativen Nasalanzmessungen, die klinische Wertigkeit und die Signifikanz von eventuell messbaren Veränderungen der nasalen Resonanz.

Von wesentlicher klinischer Bedeutung ist daneben der Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der jeweiligen Kieferverlagerung und dem möglichen postoperativen Auftreten einer Hypernasalität.

Deswegen ist es Ziel dieser klinischen Studie, den Einfluss orthognather Chirurgie auf die Sprache im Hinblick auf Nasalität und Näseln zu evaluieren. Zudem sollen mögliche Auswirkungen sowohl der Verlagerungsrichtung, als auch des Ausmaßes der Verlagerungsstrecke auf die Veränderung der Nasalität bzw. Nasalanz untersucht werden.

Daraus ergibt sich folgende Fragestellung:

- Gibt es Unterschiede der objektiv messbaren Nasalanz mit dem NasalView® nach einer Dysgnathieoperation?
- Bestehen Unterschiede in der Beeinflussung der Nasalanz in Abhängigkeit von der Kieferverlagerung (Unterkiefer- vs. Oberkieferverlagerung)?

- Besteht ein Zusammenhang zwischen einer objektiv messbar erhöhten präoperativen Nasalanz und einer möglichen postoperativen Nasalanzveränderung?
- Inwieweit beeinflusst die Verlagerungsrichtung eine mögliche postoperative Nasalanzveränderung?
- Inwieweit beeinflusst dabei das Ausmaß der Verlagerung eine mögliche postoperative Nasalanzveränderung?

2 Material und Methoden

2.1 Studienpopulation

Insgesamt 120 Patienten, die im Zeitraum von September 2007 bis Januar 2010 aufgrund einer mandibulären und/oder maxillären Dysgnathie kieferchirurgisch in der Abteilung für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Münster behandelt wurden, bildeten das Studienkollektiv dieser Untersuchung.

Die untersuchte Patientenpopulation setzte sich aus 57 Patienten mit bimaxillärer Verlagerungsoperation (Bi-Max-OP) und einem Vergleichskollektiv von 46 Patienten mit isolierter mandibulärer Verlagerungsoperation (Mand-OP) zusammen.

Eine heterogene Gruppe von 17 Patienten wurde prä-/bzw. postoperativ untersucht, jedoch nicht in der statistischen Analyse erfasst. Dazu gehörten Patienten mit reinen Oberkieferverlagerungen, reinen Unterkieferdistraktionen und bimaxillären Eingriffen im Sinne einer Oberkieferdistraktion in Kombination mit einer Unterkieferverlagerung oder einer Unterkieferdistraktion in Kombination mit einer Oberkieferverlagerung. Patienten mit einer chirurgisch unterstützten Gaumennahterweiterung bzw. einer transpalatinalen Distraktion fanden ebenfalls bei der statistischen Analyse keine Berücksichtigung.

Grund für den Ausschluss waren die geringe Anzahl der jeweiligen Operationstypen dieser heterogenen Patientengruppe.

Somit wurden 103 Patienten in die statistische Analyse eingeschlossen.

Zum Zeitpunkt der präoperativen Nasalanzmessung betrug der Altersmedian 25 Jahre ($n = 120$) bei einer Standardabweichung von 8,6 Jahren und einer Altersspanne von 16,7-50,8 Jahren.

Die präoperative Messung erfolgte am Tag vor dem operativen Eingriff, so dass das Alter zum OP-Zeitpunkt mit diesen Werten übereinstimmt.

Der Altersmedian der postoperativen Nasalanzmessung ($n = 70$) betrug 26,1 Jahre bei einer Altersspanne von 17,1-47,2 Jahren und einer Standardabweichung von 8,5 Jahren.

Alle untersuchten Patienten wiesen eine abgeschlossene Sprachentwicklung, dialektfreie Intonation und ausreichende Compliance auf.

Von der Untersuchung ausgeschlossen wurden Patienten mit Infekten der oberen Atemwege, Verlegung der Atemwege und vorherigen Operationen der Nase, des Ober- und/oder Unterkiefers, sowie des Nasenrachenraumes.

2.2 Methoden:

2.2.1 Nasalanzmessung und Datenerhebung

Die Ermittlung der Nasalanze wurde mit dem NasalView® - System 1.2 in einer ruhigen Umgebung durchgeführt.

Sämtliche Nasalanzmessungen erfolgten direkt präoperativ (Zeitpunkt T1) am Tag der stationären Aufnahme zur Umstellungsosteotomie, sowie mindestens 6 Monate postoperativ (Zeitpunkt T2) am Tag der stationären Aufnahme zur Metallentfernung.

Zur Messung wurden standardisierte Testitems verwendet, die sich an den Heidelberger Rhinophonietest anlehnen und in einer Studie von *Wermker* validiert wurden [107].

Folgende Sprachstimuli wurden erfasst:

Variablen/Testitems	
Buchstaben	Vokale: „a“, „i“, „u“, „o“ Konsonanten: „p“, „t“, „k“, „sch“
Wörter	„Ampel“ „Lampe“ „Papagei“ „Teetasse“ „Kakao“ „gut“ „Zug“

Nichtnasale Sätze	„Peter spielt auf der Straße“ „Der Peter trinkt die Tasse Kakao“ „Das Pferd steht auf der Weide“ „Die Schokolade ist sehr lecker“ „Die Klara hält die Tasse Kaffee“ „Der Affe fährt Fahrrad“ „Ich esse die salzige Suppe“
Nasale Sätze	„Nenne meine Mama Mimi“ „Mama und Nina naschen Marmelade“ „Die Mama trinkt die Milch“

Abb. 8: Verwendete Testitems in Anlehnung an den Heidelberger Rhinophoniebogen

Graphische Darstellung, Bearbeitung und Auswertung der aufgenommenen Sprachstimuli erfolgten mit Hilfe der dem NasalView® - System zugehörigen Software (Dr. Speech, Tiger Electronics Inc./Seattle, USA).

Die Signale wurden in einem Computer (Pentium 4 mit Windows-XP-Betriebssystem) gespeichert, so dass sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder zur Bearbeitung und Auswertung im originalen Zustand verfügbar waren.

Über bestimmte Softwarefunktionen konnte der jeweilige Nasalanzwert der Sprachstimuli für die prä- und postoperative Aufnahme mit Hilfe der NasalView® - Software ermittelt werden.

Alle Werte der Nasalanzmessung und die für diese Untersuchung relevanten Daten zu einem Patienten wurden auf einem Datenerhebungsbogen dokumentiert (Kapitel 2.3).

Ebenfalls wurden im Zusammenhang mit der Datenauswertung die „Nasalance Ratio“ und „Nasalance Distance“ berechnet.

Diese beiden Prüfmaße wurden von *Bressmann et al.* entwickelt und definiert. Sie berechnen sich wie folgt [15]:

Nasalance Distance = maximale Nasalanz - minimale Nasalanz

Nasalance Ratio = minimale Nasalanz/maximale Nasalanz

In dieser Untersuchung wurden zur Berechnung folgende Sätze verwendet:

Maximale Nasalanlz: nasaler Satz 1 (nS1); „Nenne meine Mama Mimi“.

Minimale Nasalanlz: nichtnasaler Satz 1(nnS1); „Peter spielt auf der Straße“.

Die Grundlage der Datenerhebung zum Ausmaß der Kieferverlagerung stellten die sogenannten KFO-Planungsbögen dar.

Anhand dieser Bögen konnten die jeweiligen individuellen Verlagerungsstrecken einzelner Punkte im Ober- und/oder Unterkiefer aller Patienten erfasst werden. (Kapitel 2.4)

2.2.2 Technische Grundlagen des verwendeten NasalView® - Systems

Zur objektiven Nasalanlzmessung wurde das NasalView® - System 1.2 verwendet.

Dieses System wird schon seit einigen Jahren zur objektiven und computerisierten Messung der Nasalanlz in der Abteilung für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Münster eingesetzt.

Das NasalView® besteht aus einer speziellen Software und folgenden Hardwarekomponenten:

2 Mikrophone

1 dazugehöriger Headgear

1 Verstärker

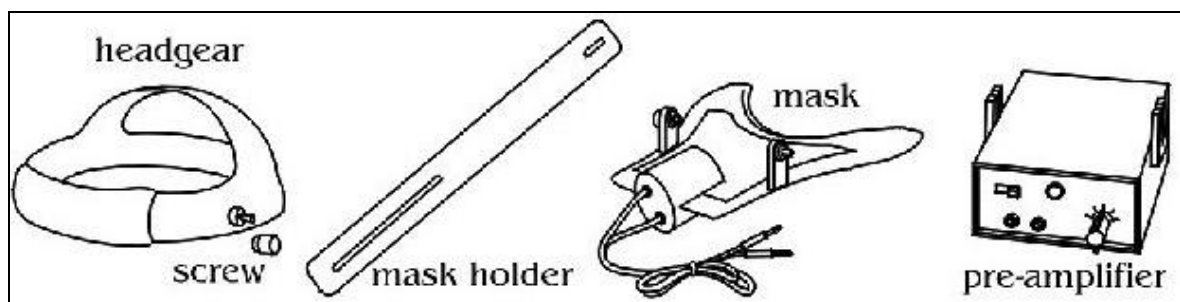


Abb. 9: Hardwarekomponenten des NasalView® - Systems [aus 4].

Vor jeder Messung wurde das System gemäß den Herstellerangaben kalibriert.

Die Fixierung der Platte mittels Headgear oder per Hand ist laut Herstellerangaben gleichwertig, so dass diese aus Gründen der Compliance bei der Sprachmessung in dieser Studie vom Patienten selber gehalten wurde.

Die Mikrophone zur jeweiligen Messung des oralen und nasalen Schalldrucks sind durch eine Dämmplatte voneinander getrennt. Die Platte weist eine konkav geformte Begrenzung auf, so dass sie zwischen Nase und Oberlippe mit der Hand positioniert oder mittels Headgear fixiert werden kann. Mund und Nase werden somit voneinander getrennt und nasaler und oraler Schalldruck können gesondert voneinander weitergeleitet werden.

Ein zwischengeschalteter Verstärker nimmt die Signale einer Messung auf und überträgt diese über den Line-In-Stereo-Eingang auf die Soundkarte des angeschlossenen PCs.

Abbildung 10 stellt schematisch den Aufbau des NasalView® - Systems dar.

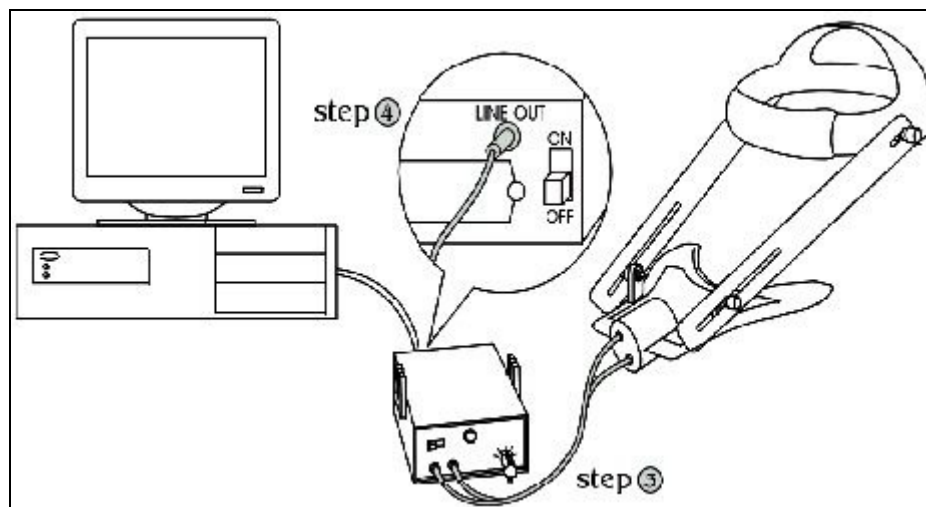


Abb. 10: Schematische Darstellung des Aufbaus des NasalView® - Systems [aus 4].

Über die zugehörige Computersoftware werden die Signale in ein A/D-Signal umgewandelt.

Parallel zur Aufzeichnung der Sprachuntersuchung wurden Oszillogramme der nasalen und oralen Schalldruckkurve und der Nasalanzkurve angezeigt [4].

Folgende Abbildung 11 zeigt den Computerbildschirm kurz nach einer Nasalanzmessung:

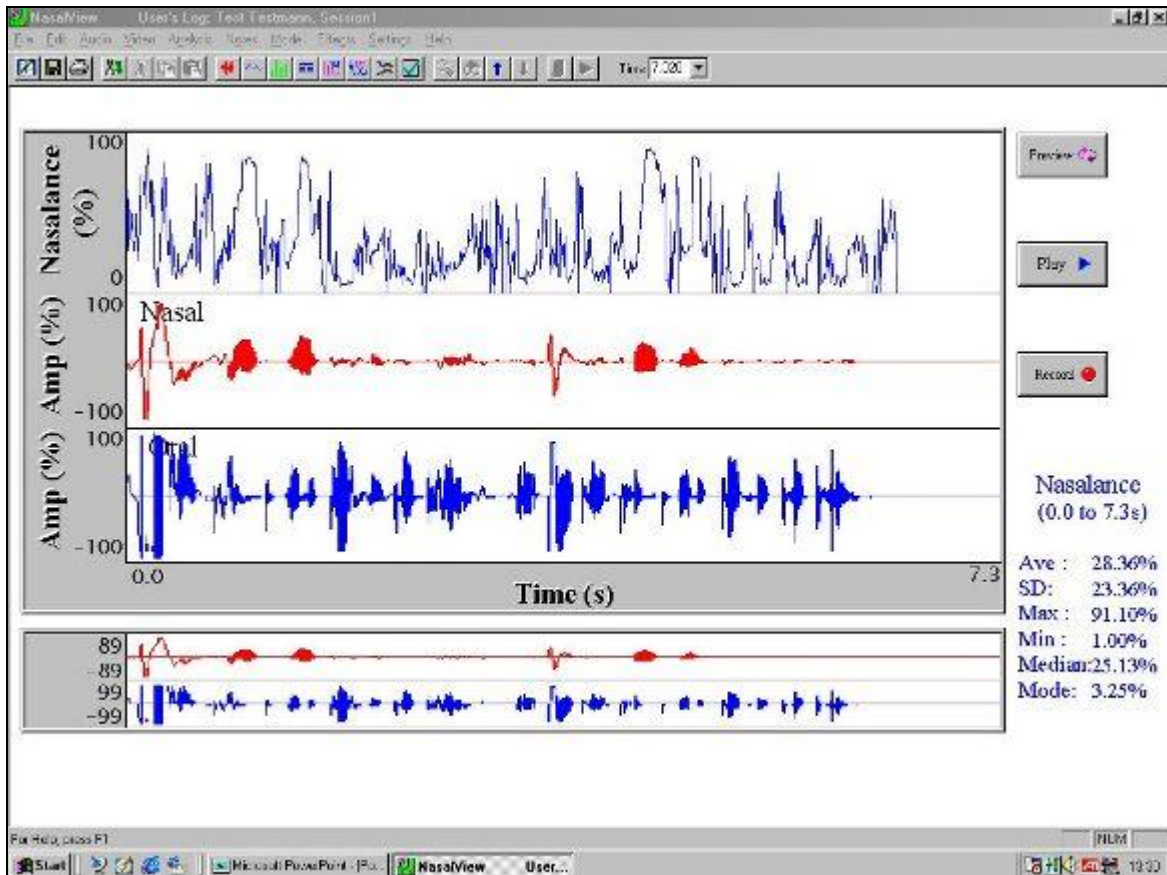


Abb.11: Screenshot des NasalView®: Oszillogramme der nasalen (rote Kurve) und oralen (blaue Kurve) Schalldruckkurve. Die Nasalanz-Kurve (oben) und die dazu berechneten statistischen Werte (rechter Bildteil): Mittelwert (Ave), Standardabweichung (SD), maximaler (Max) und minimaler (Min) Wert.

Die Prüfmaße Nasalanz-Mittelwert (Ave.), Standardabweichung (SD), Minimum (Min) und Maximum (Max) der Nasalanz wurden nach Beendigung der Messung statistisch durch die Computersoftware berechnet und angegeben.

Grundlage der Ermittlung der Nasalanz ist die von *Fletcher* entwickelte Formel [28, 29]:

$$\text{Nasalanz (in \%)} = \frac{\text{nasale akustische Energie}}{\text{nasale und orale akustische Energie}} \times 100$$

Zur anschließenden Auswertung und Ermittlung der Nasalanz für die einzelnen gesprochenen Vokale, Konsonanten, Wörter und Sätze konnten über einige Softwarefunktionen beliebig große Abschnitte der Oszillogramme editiert und für sich betrachtet werden.

Dadurch wurde ermöglicht, dass jeder Abschnitt (Wörter, Vokale, Konsonanten oder Sätze) der Sprachuntersuchung für sich allein oder im größeren Verbund analysiert und die Nasalität ermittelt werden konnte.

2.3 Datenerhebungsbogen

Folgender Bogen galt als Grundlage zur Erhebung der Patientendaten und zur Dokumentation der Nasalanzmessung:

<u>Datenerhebungsbogen /CRF (Case Record Form)</u>	
Subject-ID : _____	
Name : _____	Vorname : _____
geb. : _____	<input type="checkbox"/> männlich (m) <input type="checkbox"/> weiblich (f)
UK : <input type="checkbox"/> keine Dysgnathie (0)	OK : <input type="checkbox"/> keine Dysgnathie (3)
<input type="checkbox"/> mandibuläre Retrognathie (1)	<input type="checkbox"/> maxilläre Retrognathie (4)
<input type="checkbox"/> mandibuläre Prognathie (2)	<input type="checkbox"/> maxilläre Prognathie (5)
	<input type="checkbox"/> transversaler Engstand (6)
Zusatzdiagnosen :	<input type="checkbox"/> keine (0)
	<input type="checkbox"/> (Z.n.) LKG-Spalte, Pierre-Robin-Syndrom (1)
	<input type="checkbox"/> Crouzon-Syndrom (2) <input type="checkbox"/> Apert-Syndrom (3)
	<input type="checkbox"/> sonstiges (4) : _____
OP-Datum : _____	
OP-Typ :	<input type="checkbox"/> reine UK-Verlagerung (0) <input type="checkbox"/> reine OK-Verlagerung (1)
	<input type="checkbox"/> bimaxilläre OP: UK- + OK-Verlagerung (2)
	<input type="checkbox"/> reine UK-Distraktion (3) <input type="checkbox"/> reine OK-Distraktion (4)
	<input type="checkbox"/> bimaxilläre OP: OK-Distraktion + UK-Verlagerung (5)
	<input type="checkbox"/> bimaxilläre OP: OK-Verlagerung + UK-Distraktion (6)
	<input type="checkbox"/> bimaxilläre OP: OK- + UK-Distraktion (7)
	<input type="checkbox"/> chirurgische Gaumennahterweiterung/transpalatinale Distraktion (8)
Werte der Verlagerungsstrecken : siehe Kopie des KFO-Planungsbogens !	

Nasalanzmessung (NasalView®, alle Angaben in %) :

	präop	postop		präop	postop
“a“			“p“		
“i“			“t“		
“u“			“k“		
“o“			“sch“		
“Ampel“			“Kakao“		
“Lampe“			“gut“		
“Papagei“			“Zug“		
“Teetasse“					
			präop	postop	
„Peter spielt auf der Straße“			/	/	
“Der Peter trinkt die Tasse Kakao“			/	/	
“Das Pferd steht auf der Weide“					
“Die Schokolade ist sehr lecker“					
“Die Klara hält die Tasse Kaffee“					
“Der Affe fährt Fahrrad“					
„Ich esse die salzige Suppe“					
“Nenne meine Mama Mimi“			/	/	
“Mama und Nina naschen Marmelade“			/	/	
“Die Mama trinkt die Milch“			/	/	

Abb. 12: Datenerhebungsbogen

2.4 KFO-Planungsbogen

Im Rahmen der kieferorthopädischen Vorbehandlung wird zur Vorbereitung des chirurgischen Eingriffs nach Erreichen des präoperativen kieferorthopädischen Behandlungsziels, mit Hilfe von Fernröntgenseitenaufnahme, Modellen und Computerprogrammen das Ausmaß der skelettalen Verlagerungen durch den behandelnden Kieferorthopäden ermittelt.

Eine Simulation der chirurgischen Verlagerung mittels Modellen, die in einem Artikulator schädelbezogen eingebracht wurden, bildet die Grundlage der Operationsplanung und die Möglichkeit der Beurteilung der geplanten postoperativen Okklusion. Ferner wird nach Operationssimulation das Verlagerungsausmaß auf sogenannten KFO-Planungsbögen dokumentiert.

Dieser Planungsbogen galt bei der vorliegenden Untersuchung als Grundlage der Erfassung der jeweiligen Werte des Verlagerungsausmaßes einzelner Punkte im Ober- und Unterkiefer. Somit wurden die Verlagerungstrecken aller Patienten dieser Studie anhand der KFO-Planungsbögen, die in der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsklinik Münster erstellt und archiviert werden, erfasst.

Die folgende Abbildung 13 zeigt den Aufbau eines solchen Dokuments. Daraus ist auch die Unterteilung der Verlagerungsrichtung von Ober- und Unterkiefer in vertikaler und sagittaler Richtung zu entnehmen.

Der individuelle Wert des Verlagerungsausmaßes in vertikaler und sagittaler Richtung eines jeden Patienten wurde somit detailliert in Bezug auf einzelne Punkte im Ober- und Unterkiefer in die statistische Auswertung aufgenommen.

Name:		Datum:			
OP-Planung:		Telefon:			
Protokoll Modell-OP	Maxilla:				
	Mandibula:				
Maßangaben im Bereich der Osteotomielinien ML 1 – ML 8	re	re	Mitte	li	li
	6	3	1 1	3	6
Maxilla vertikal					
↑ hoch					
↓ tief					
Maxilla sagittal					
➔ vor					
← zurück					
Mandibula vertikal					
↑ hoch					
↓ tief					
Mandibula sagittal					
➔ vor					
← zurück					
Mandibula Autorotation (bei isoliertem OK-Eingriff) nach vorne oben					
nach hinten unten					
Bemerkungen:	Segmente:				
Artikulator-Nr.:	Sockel-Platten-Nr.:				

Abb. 13: KFO-Planungsbogen

2.5 Statistische Auswertung

Die anonymisierte Bearbeitung und statistische Auswertung aller Patientendaten und Messwerte erfolgte mittels der Statistik-Software SPSS für Windows („Statistical Package for the Social Sciences“, Version 15.0).

Zunächst wurde die deskriptive statistische Darstellung des Patientenkollektivs im Allgemeinen in Bezug auf die Häufigkeitsverteilung (n) der präoperativ gestellten Diagnose und des Operationstyps durchgeführt.

Zur statistischen Analyse wurden zwei voneinander unabhängige Stichproben definiert:

Bi-Max-OP: bimaxilläre Verlagerungsoperation

Mand-OP: reine Unterkieferverlagerungsoperation

Nachfolgende Vergleiche in Bezug auf Unterschiede oder Zusammenhänge zwischen Merkmalen bzw. Messwerten beider Gruppen (Alter zu den Zeitpunkten der Messungen, Werte der Nasalanzmessung und des Ausmaßes der Kieferverlagerung) wurden mittels entsprechender inferenzstatistischer Verfahren durchgeführt.

Als Prüfmaße dienten dabei der Mittelwert (\bar{x}), die Standardabweichung (SD) und der minimale bzw. maximale Wert.

Zur Darstellung der Verlagerungsrichtung wurde zunächst die Häufigkeitsverteilung (n) der Verlagerungsrichtung innerhalb der beiden Gruppen in Bezug auf Ober- und Unterkiefer ermittelt. Danach schloss sich die genauere Betrachtung des Verlagerungsausmaßes in Abhängigkeit vom Kiefer, von der Verlagerungsrichtung und von der Lokalisation im Kiefer an.

Nach Überprüfung der Daten auf Normalverteilung erfolgte der Vergleich von Mittelwertunterschieden auf Signifikanz mit Hilfe des Zwei-Stichproben-T-Testes für zwei voneinander unabhängige bzw. abhängige Stichproben. Somit wurden zum einen die Mittelwerte der prä- und postoperativen Nasalanzmessung aller statistisch erfassten Patienten auf signifikante Unterschiede überprüft. Zum anderen erfolgte mit Hilfe des Zwei-Stichproben-T-Testes die Kontrolle aller Mittelwerte der Bi-Max-OP-Gruppe und der Mand-OP-Gruppe auf signifikante Unterschiede in Bezug auf die Nasalanzmessung und auf das Alter zum Zeitpunkt der Messung.

Bei fehlender Normalverteilung der zu prüfenden Daten wurden diese mittels eines nicht-parametrischen Tests (Wilcoxon-Test) analysiert. So wurden die Mittelwerte der prä- und postoperativen Nasalanzmessung der Bi-Max-OP-Gruppe auf signifikante Unterschiede mit Hilfe dieses Rangsummentests überprüft.

Zusammenhänge oder Beziehungen zwischen der Nasalanzveränderung des gesamten Studienkollektivs und bestimmten Einflussfaktoren wurden mit Hilfe der linearen multiplen Regressionsanalyse berechnet bzw. untersucht.

Ziel der multiplen Regressionsanalyse ist es, mathematisch die Beziehung zwischen einer abhängigen (x) und mehreren unabhängigen (y) Variablen festzustellen. Dazu wird folgende Regressionsgleichung definiert:

$$x = c + a^1 \times y^1 + a^2 \times y^2 + \dots + a^n \times y^n$$

Als abhängige Variable (x) wurde die Veränderung der Nasalanz festgelegt.

Aufgrund des Interesses, der Plausibilität und der Zielsetzung dieser Untersuchung wurden als unabhängige Variable (y) bzw. als Einflussfaktor auf die Nasalanzveränderung der Nasalanzwert präoperativ (y^1), die maximale OK-Verlagerung sagittal (y^2) und die maximale OK-Verlagerung vertikal (y^3) vorgegeben.

Unabhängige Variablen (y) wurden dabei schrittweise in die Modellerstellung eingeschlossen, wenn ein signifikanter Beitrag für die Vorhersagbarkeit des Einflusses auf die Nasalanzveränderung vorlag ($p < 0,05$).

Anhand dieser Angaben wurde ein geeignetes Regressionsmodell bestimmt.

Das Maß für die Modellgüte oder auch für die Richtigkeit des angenommen linearen Zusammenhangs drückt das Bestimmtheitsmaß r^2 aus. Generell gilt dabei, je näher der Wert des Bestimmtheitsmaßes bei 1 liegt, desto größer ist die Güte der Regression.

Streupunktdiagramme stellen graphisch den Zusammenhang zwischen einer abhängigen Variable (x) und einer gewählten unabhängigen Variable (y) in Form einer Regressionsgeraden dar.

Die Interkorrelation zwischen der Veränderung der Nasalanz und dem maximalen Ausmaß der sagittalen und vertikalen Ober- und Unterkieferverlagerung wurde darüber hinaus anhand der parametrischen Korrelationsanalyse nach Pearson berechnet. Als Indikator für die Stärke des Zusammenhangs dient hierzu die Prüfgröße Korrelationskoeffizient (r) [48, 106].

3 Ergebnisse

In den folgenden Tabellen bedeuten:

\bar{x} = arithmetischer Mittelwert

SD = Standardabweichung

Sig. = statistisch signifikanter Unterschied

max.= maximaler Wert

- = $p > 0,05$, kein statistisch signifikanter Unterschied

* = $p < 0,05$, statistisch signifikanter Unterschied auf dem 5% - Niveau

** = $p < 0,01$, statistisch signifikanter Unterschied auf dem 1% - Niveau

*** = $p < 0,001$, statistisch signifikanter Unterschied auf dem 0,1% - Niveau

Mand-OP = reine Unterkieferverlagerungsoperation

Bi-Max-OP = bimaxilläre Verlagerungsoperation

3.1 Das untersuchte Patientenkollektiv

3.1.1 Darstellung der präoperativen Diagnose und des Operationstyps

Die folgenden Tabellen 1, 2 und 3 stellen die Häufigkeitsverteilung (n bzw. %) der präoperativ gestellten Diagnose und des Typs der durchgeführten Dysgnathieoperation dar.

Diagnose	n	%	Diagnose	n	%
mandibuläre Dysgnathie			maxilläre Dysgnathie		
keine	11	9,2	keine	50	41,7
mandibuläre Retrognathie	55	45,8	maxilläre Retrognathie	60	50
mandibuläre Prognathie	54	45	maxilläre Prognathie	2	1,7
			transversaler Engstand	8	6,7
Gesamt	120	100	Gesamt	120	100

Tab.1: Präoperative Diagnose des untersuchten Patientenkollektivs

Zusatzdiagnose	n	%
keine	114	95
(Z. n.) LKG-Spalte, Pierre-Robin-Syndrom	1	0,8
Crouzon-Syndrom	2	1,7
Apert-Syndrom	1	0,8
sonstiges Syndrom	2	1,7
Gesamt	120	100

Tab. 2: Zusatzdiagnosen des untersuchten Patientenkollektivs

OP-Typ	n	%
reine UK-Verlagerung	46	38,3
reine OK-Verlagerung	4	3,3
bimaxilläre Verlagerung	57	47,5
reine UK-Distraktion	2	1,7
bimaxillärer Eingriff: OK-Distraktion und UK-Verlagerung	1	0,8
bimaxillärer Eingriff: OK-Verlagerung und UK-Distraktion	1	0,8
GNE/TPD	9	7,5
Gesamt	120	100

Tab. 3: Typ der durchgeführten Dysgnathieoperation

Zur weiteren Analyse wurden die beiden Therapiegruppen von n = 46 reinen Unterkieferverlagerungen (Mand-OP) und n = 57 reinen bimaxillären Verlagerungen (Bi-Max-OP) verglichen. Wie aus der Tabelle 3 entnommen werden kann, wurden nur wenige Patienten, bei denen eine andere Methode der Dysgnathiechirurgie durchgeführt wurde, erfasst. Aufgrund der geringen Anzahl wurde diese heterogene Gruppe in der folgenden statistischen Auswertung nicht berücksichtigt.

Folgende Kreuztabelle stellt die Häufigkeiten der Geschlechterverteilung der 103 untersuchten und letztlich statistisch erfassten Patienten im Hinblick auf die durchgeführte Operationsmethode dar:

Gruppen	Geschlecht		Gesamt
	weiblich	männlich	
Mand-OP	32	14	46
Bi-Max-OP	26	31	57
Gesamt	58	45	103

Tab. 4: Kreuztabelle: Häufigkeitsverteilung des Geschlechts und des OP-Typs

3.1.2 Untersuchung beider Gruppen auf Altersunterschiede zu den Zeitpunkten der Datenerhebung (prä- bzw. postoperativ)

Zur Darstellung möglicher Altersunterschiede zwischen den Gruppen (Mand-OP und Bi-Max-OP) erfolgte jeweils die Bestimmung des Altersmedians, der Standardabweichung und des minimalen bzw. maximalen Alters. Die Überprüfung auf signifikante Unterschiede zwischen beiden Kollektiven erfolgte mit Hilfe des T-Testes für 2 unabhängige Stichproben.

Bei einer Altersspanne von 16,8-50,8 Jahren und einer Standardabweichung von 8,68 Jahren betrug der Altersmedian der Mand-OP-Gruppe 26,8 Jahre zum Zeitpunkt der Operation und der Nasalanzmessung (T1).

Der Altersmedian der Bi-Max-OP-Gruppe lag dagegen zu diesem Zeitpunkt bei einer Altersspanne von 17,1-50,8 Jahren und einer Standardabweichung von 8,16 Jahren bei 23,5 Jahren.

Zum Zeitpunkt der postoperativen Nasalanzmessung (T2) betrug der Altersmedian der Mand-OP-Gruppe 30,5 Jahre bei einer Altersspanne von 17,6-46,9 Jahren und einer Standardabweichung von 8,64 Jahren. Dagegen lag der Altersmedian der Bi-Max-OP-Gruppe zu diesem Zeitpunkt bei einer Altersspanne von 18,4-47,2 Jahren und einer Standardabweichung von 8,23 Jahren bei 26,05 Jahren.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind sowohl zum Zeitpunkt T1, wie auch zum Zeitpunkt T2 statistisch nicht signifikant (T-Test: $p > 0,05$).

3.2 Die räumliche Verlagerung von Ober- und Unterkiefer

3.2.1 Darstellung der chirurgischen Verlagerungsrichtung

Die nähere Betrachtung und Häufigkeitsverteilung (n) der beiden Gruppen im Hinblick auf die Verlagerungsrichtung bezogen auf Ober- und/oder Unterkiefer ergab folgende Ergebnisse. Als geeignete Darstellungsform wurde eine Kreuztabelle erstellt:

OP-Typ	Gruppen		Gesamt (n)
	Mand-OP (n)	Bi-Max-OP (n)	
OK-Verlagerung vertikal			
keine	46	13	59
Hochverlagerung (Impaktion)	0	25	25
Tiefverlagerung	0	9	9
Kombi. aus Hoch- /Tiefverlag.	0	10	10
Gesamt	46	57	103
OK-Verlagerung sagittal			
keine	46	4	50
Vorverlagerung	0	53	53
Gesamt	46	57	103
UK-Verlagerung vertikal			
keine	5	9	14
Hochverlagerung (Impaktion)	6	43	49
Tiefverlagerung	33	1	34
Kombi. aus Hoch- /Tiefverlag.	2	4	6
Gesamt	46	57	103
UK-Verlagerung sagittal			
keine	2	3	5
Vorverlagerung	41	18	59
Rückverlagerung	3	36	39
Gesamt	46	57	103

Tab. 5: Kreuztabelle: Häufigkeitsverteilung bezogen auf den Kiefer und die Verlagerungsrichtung

3.2.2 Darstellung des Verlagerungsausmaßes

In folgenden Übersichten werden der Mittelwert (\bar{x}), die Standardabweichung (SD) und das maximale Ausmaß (max.) der chirurgischen Verlagerung in mm dargestellt. Die Tabellen verdeutlichen dazu das Ausmaß in Abhängigkeit vom Kiefer, von der Verlagerungsrichtung und von der Lokalisation im Kiefer. Alle Verlagerungswerte wurden mittels der KFO-Planungsbögen erfasst.

Oberkiefer	Verlagerung im Bereich					
	rechts			links		
	6er	3er	Mitte	3er	6er	
Verlagerung vertikal						
Hoch (Impaktion)	\bar{x}	-2,1*	-1,7*	-1,2*	-1,8*	-2,2*
	SD	1,8	1,6	1,5	1,2	1,3
	max.	- 5*	-4*	-3,5*	- 4*	-4*
Tief	\bar{x}	1,1	1,3	1,8	1,5	1,3
	SD	0,9	0,8	1,5	0,7	0,9
	max.	3	3	5,5	3	3
Verlagerung sagittal						
Rück		/	/	/	/	/
Vor	\bar{x}	3,6	3,7	3,5	3,9	3,9
	SD	1,8	1,7	1,4	1,7	1,7
	max.	7,5	7,5	7	7,5	7,5

Tab. 6: Ausmaß der Verlagerung im Oberkiefer in mm

*= negative Werte symbolisieren hier das Ausmaß der Hochverlagerung

Unterkiefer	Verlagerung im Bereich					
	rechts			links		
	6er	3er	Mitte	3er	6er	
Verlagerung vertikal						
Hoch (Impaktion)	\bar{x}	-2,3*	-2,8*	-3*	-2,8*	-2,5*
	SD	1,8	1,9	2,1	1,9	2,1
	max.	-9*	-10*	-10*	-9*	-9*
Tief	\bar{x}	2,0	2,6	2,9	2,4	1,8
	SD	1,1	1,2	1,7	1,4	1,3
	max.	5	5	6	4,5	4,5
Verlagerung sagittal						
Rück	\bar{x}	-4,1	-3,9	-3,6	-2,4	-2,4
	SD	3,2	2,7	2,5	3,1	3,1
	max.	-13,5	-10	-9	-7,5	-8
Vor	\bar{x}	5,4	5,4	5,2	5,2	5,1
	SD	2,6	2,5	2,5	3,2	3,3
	max.	13	13	11	15	14

Tab. 7: Ausmaß der Verlagerung im Unterkiefer in mm

*= negative Werte symbolisieren hier das Ausmaß der Hochverlagerung

3.3 Die Veränderung der Nasalanz

3.3.1 Nasalanzunterschiede aller Patienten

Für die Testitems der prä- und postoperativen Nasalanzmessung aller Patienten erfolgte die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes (\bar{x}) und der Standardabweichung (SD). Nach Durchführung des Levene-Tests auf Varianzgleichheit schloss sich die Überprüfung der Mittelwerte beider Messungen (prä-/postoperativ) auf signifikante Unterschiede mit Hilfe des T-Testes für 2 abhängige Stichproben an.

Testitem	Nasalanzmittelwerte in %		Sig.	
	Zeitpunkt T1: präop	Zeitpunkt T2: postop		
„Ampel“	\bar{x}	35,95	36,09	-
	SD	6,55	7,25	
„Lampe“	\bar{x}	36,67	35,92	-
	SD	6,77	7,87	
„Papagei“	\bar{x}	24,15	22,08	*
	SD	5,74	6,53	
„Teetasse“	\bar{x}	22,33	22,27	-
	SD	5,99	7,11	
„Kakao“	\bar{x}	21,78	21,70	-
	SD	7,23	7,48	
„gut“	\bar{x}	24,00	24,53	-
	SD	6,93	7,47	
„Zug“	\bar{x}	24,35	25,72	-
	SD	7,42	6,80	
nnS1	\bar{x}	22,53	21,71	-
	SD	4,40	6,03	
nnS2	\bar{x}	27,13	27,43	-
	SD	4,05	5,21	
nnS3	\bar{x}	22,01	23,48	-
	SD	5,47	6,83	

Tab. 8: Mittelwertunterschiede der prä- und postoperativen Nasalanzmessung aller Patienten. T-Test für 2 abhängige Stichproben. Mittelwerte in %

nnS4	\bar{x}	22,04	21,76	-
	SD	6,06	7,87	
nnS5	\bar{x}	22,60	23,64	-
	SD	5,16	8,47	
nnS6	\bar{x}	20,53	22,86	*
	SD	4,2	8,42	
nnS7	\bar{x}	24,57	25,23	-
	SD	5,95	10,45	
nS1	\bar{x}	59,39	60,69	-
	SD	9,46	9,72	
nS2	\bar{x}	49,07	49,71	-
	SD	8,90	7,12	
nS3	\bar{x}	46,00	47,41	-
	SD	9,19	7,71	
N Ratio	\bar{x}	0,38	0,37	-
	SD	0,09	0,14	
N Distance	\bar{x}	36,86	38,98	-
	SD	9,40	11,43	

(Fortsetzung Tab. 8)

Zwischen dem präoperativen Nasalanzwert des Wortes „Papagei“ und dem postoperativen Wert desselben existiert ein signifikanter Unterschied auf dem 5% - Niveau. Das Gleiche gilt für den Unterschied zwischen dem präoperativen Nasalanzwert des nichtnasalen Satzes (nnS6) -„Der Affe fährt Fahrrad“- und des postoperativen Wertes desselben.

3.3.2 Nasalanzunterschiede der Bi-Max-OP-Gruppe

Für die Testitems der prä- und postoperativen Nasalanzmessung der Bi-Max-OP-Gruppe erfolgte die Berechnung des arithmetischen Mittelwertes (\bar{x}) und der Standardabweichung (SD). Die Überprüfung der Mittelwerte auf signifikante Unterschiede wurde mittels des nicht-parametrischen Wilcoxon-Rangsummentests durchgeführt.

Testitem	Nasalanzmittelwerte in %		Sig.	
	Zeitpunkt T1: präop	Zeitpunkt T2: postop		
„Ampel“	\bar{x}	35,12	35,67	-
	SD	7,37	7,99	
„Lampe“	\bar{x}	35,49	35,11	-
	SD	7,57	8,29	
„Papagei“	\bar{x}	22,81	21,96	-
	SD	6,10	6,66	
„Teetasse“	\bar{x}	21,70	22,24	-
	SD	6,31	7,38	
„Kakao“	\bar{x}	20,44	21,63	-
	SD	5,55	6,97	
„gut“	\bar{x}	23,62	24,55	-
	SD	6,61	6,93	
„Zug“	\bar{x}	23,86	25,75	-
	SD	6,37	6,47	
nnS1	\bar{x}	21,81	22,05	-
	SD	4,85	5,70	
nnS2	\bar{x}	26,58	28,06	-
	SD	5,12	4,98	
nnS3	\bar{x}	21,95	23,84	-
	SD	5,85	7,10	
nnS4	\bar{x}	21,40	22,43	-
	SD	6,88	8,91	
nnS5	\bar{x}	21,98	24,51	-
	SD	5,78	9,87	

Tab. 9: Mittelwertunterschiede der prä- und postoperativen Nasalanzmessung der Bi-Max-OP-Gruppe. Nicht-parametrischer Wilcoxon-Rangsummentest. Mittelwerte in %.

nnS6	\bar{x}	20,45	24,26	*
	SD	4,71	9,83	
nnS7	\bar{x}	23,27	24,14	-
	SD	6,13	6,09	
nS1	\bar{x}	56,91	59,94	-
	SD	10,13	10,78	
nS2	\bar{x}	47,05	49,33	-
	SD	7,49	7,08	
nS3	\bar{x}	44,34	46,75	-
	SD	7,73	7,68	
N Ratio	\bar{x}	0,39	0,39	-
	SD	0,12	0,17	
N Distance	\bar{x}	35,10	37,88	-
	SD	10,15	13,77	

(Fortsetzung Tab. 9)

Zwischen dem präoperativen Nasalanzwert des nichtnasalen Satzes (nnS6) „Der Affe fährt Fahrrad“ und dem postoperativen Wert dieses Satzes existiert, wie aus der Tabelle 9 zu entnehmen ist, ein signifikanter Unterschied auf dem 5% - Niveau.

3.3.3 Nasalanzunterschiede zwischen den beiden Gruppen

Für alle Testitems der Nasalanzmessung der Mand-OP-Gruppe und der Bi-Max-OP-Gruppe wurden der arithmetische Mittelwert (\bar{x}) und die Standardabweichung (SD) berechnet. Nach Durchführung des Levene-Tests auf Varianzgleichheit erfolgte die Überprüfung der Mittelwerte beider Gruppen auf signifikante Unterschiede mittels des T-Testes für 2 unabhängige Stichproben.

Tabelle 10 stellt die Ergebnisse der präoperativen Nasalanzmessung dar:

Testitem		Nasalanzmittelwerte in %		Sig.
		Mand-OP-Gr.	Bi-Max-OP-Gr.	
„Ampel“	\bar{x}	35,60	35,2	-
	SD	5,42	7,46	
„Lampe“	\bar{x}	36,66	35,84	-
	SD	6,31	7,79	
„Papagei“	\bar{x}	24,54	23,08	-
	SD	6,71	6,2	
„Teetasse“	\bar{x}	23,16	21,85	-
	SD	6,35	6,52	
„Kakao“	\bar{x}	23,91	20,38	*
	SD	8,91	5,7	
„gut“	\bar{x}	25,32	23,67	-
	SD	8,03	6,77	
„Zug“	\bar{x}	25,51	23,83	-
	SD	8,6	6,58	
nnS1	\bar{x}	23,06	21,88	-
	SD	5,66	4,99	
nnS2	\bar{x}	27,91	26,67	-
	SD	5,28	5,33	
nnS3	\bar{x}	22,96	22,25	-
	SD	6,38	6	
nnS4	\bar{x}	23,50	21,51	-
	SD	5,75	7,14	
nnS5	\bar{x}	23,3	22,1	-
	SD	5,27	5,95	

Tab. 10: Mittelwertunterschiede der präoperativen Nasalanzmessung beider Gruppen. T-Test für 2 unabhängige Stichproben. Mittelwerte in %

nnS6	\bar{x}	22,05	20,42	-
	SD	5,95	4,9	
nnS7	\bar{x}	25,44	23,49	-
	SD	6,61	6,22	
nS1	\bar{x}	60,25	57,11	-
	SD	10,87	9,74	
nS2	\bar{x}	50,32	47,13	-
	SD	8,89	7,65	
nS3	\bar{x}	47,61	44,33	-
	SD	9,06	7,82	
N Ratio	\bar{x}	0,4	0,39	-
	SD	0,13	0,11	
N Distance	\bar{x}	37,18	35,23	-
	SD	11,56	9,4	

(Fortsetzung Tab. 10)

Beim Vergleich von Mittelwertunterschieden der Testitems der präoperativen Nasalanzmessung zwischen den beiden OP-Gruppen ergibt sich bei dem Wort „Kakao“ ein statistisch signifikanter Unterschied. Bei diesem Wort liegt der mittlere Wert der Nasalanze in der Bi-Max-OP-Gruppe signifikant niedriger als in der Mand-OP-Gruppe ($p < 0,05$).

Die Tabelle 11 stellt entsprechend die Ergebnisse der postoperativen Nasalanzmessung dar:

Testitem		Nasalanzmittelwerte in %		Sig.
		Mand-OP-Gr.	Bi-Max-OP-Gr.	
„Ampel“	\bar{x}	37	35,6	-
	SD	6,47	8,23	
„Lampe“	\bar{x}	37,64	35,19	-
	SD	7,39	8,63	
„Papagei“	\bar{x}	22,26	22,1	-
	SD	5,89	6,98	
„Teetasse“	\bar{x}	22,15	22,24	-
	SD	6,98	7,58	

Tab. 11: Mittelwertunterschiede der postoperativen Nasalanzmessung beider Gruppen. T-Test für 2 unabhängige Stichproben. Mittelwerte in %

„Kakao“	\bar{x}	22,12	21,54	-
	SD	7,44	7,36	
„gut“	\bar{x}	25,22	24,72	-
	SD	8,24	6,81	
„Zug“	\bar{x}	25,94	25,84	-
	SD	7,52	6,6	
nnS1	\bar{x}	21,75	22,19	-
	SD	6,66	5,94	
nnS2	\bar{x}	27,09	28,27	-
	SD	5,49	5,19	
nnS3	\bar{x}	23,5	24,17	-
	SD	6,58	7,38	
nnS4	\bar{x}	21,69	22,78	-
	SD	6,06	9,31	
nnS5	\bar{x}	23,08	24,94	-
	SD	6,17	10,32	
nnS6	\bar{x}	21,7	24,81	-
	SD	5,54	10,19	
nnS7	\bar{x}	27,44	24,16	-
	SD	14,97	6,42	
nS1	\bar{x}	62,88	59,82	-
	SD	7,6	10,64	
nS2	\bar{x}	51,33	49,28	-
	SD	6,73	7	
nS3	\bar{x}	49,63	46,69	-
	SD	6,96	7,58	
N Ratio	\bar{x}	0,34	0,39	-
	SD	0,09	0,18	
N Distance	\bar{x}	41,12	37,62	-
	SD	6,92	13,69	

(Fortsetzung Tab. 11)

Beim Vergleich der Mittelwerte der postoperativen Nasalanzmessung beider Operationsgruppen ließen sich keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellen ($p > 0,05$).

Ebenso waren die Mittelwertunterschiede der Nasalanzveränderung (prä-/postoperativ) statistisch nicht signifikant.

Die Tabelle 12 stellt die Ergebnisse der Nasalanzveränderung dar:

Testitem	Nasalanzenveränderung in %		Sig.	
	Mand-OP-Gr.	Bi-Max-OP-Gr.		
„Ampel“	\bar{x} SD	1,86 7,73	-0,54 9,14	-
„Lampe“	\bar{x} SD	0,86 9,35	-0,53 11,55	-
„Papagei“	\bar{x} SD	-1,78 6,94	-1,48 8,21	-
„Teetasse“	\bar{x} SD	-0,76 8,17	0,76 8,50	-
„Kakao“	\bar{x} SD	-0,1 11,9	1,28 8,37	-
„gut“	\bar{x} SD	0,89 10,79	1,60 8,37	-
„Zug“	\bar{x} SD	0,19 13,19	2,92 10,08	-
nnS1	\bar{x} SD	-1,02 6,82	-0,38 6,2	-
nnS2	\bar{x} SD	-0,37 6,60	1,19 4,7	-
nnS3	\bar{x} SD	1,3 7,71	1,3 8,1	-
nnS4	\bar{x} SD	-1,25 7,45	1,28 10,35	-
nnS5	\bar{x} SD	-0,11 7,13	2,54 10,08	-
nnS6	\bar{x} SD	0,68 6,32	4,58 9,72	-
nnS7	\bar{x} SD	1,41 15,92	0,5 8,43	-
nS1	\bar{x} SD	3,62 9,06	1,16 10,38	-
nS2	\bar{x} SD	1,71 7,72	1,35 8,15	-
nS3	\bar{x} SD	2,93 7,68	3,1 11,42	-

Tab. 12: Mittelwertunterschiede der Nasalanzenveränderung beider Gruppen. T-Test für 2 unabhängige Stichproben. Mittelwerte in %

N Ratio	\bar{x}	-0,047	0,011	-
	SD	0,094	0,17	
N Distance	\bar{x}	4,64	2,57	-
	SD	7,5	12,17	

(Fortsetzung Tab. 12)

3.4 Die Veränderung der Nasalanze: Einfluss einzelner Variablen

Der Einfluss des präoperativen Nasalanzwertes (y^1), der maximalen Oberkieferverlagerung vertikal (y^2) und der maximalen Oberkieferverlagerung sagittal (y^3) (unabhängige Variablen) auf die Nasalanzveränderung (x) (abhängige Variable) wurde mit Hilfe der Regressionsanalyse nach folgender Gleichung ermittelt:

$$x = c + a^1 \times y^1 + a^2 \times y^2 + \dots + a^n \times y^n$$

Die Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse der linearen multiplen Regression.

Aufgrund des schrittweisen Einschusses der unabhängigen Variablen, die auch tatsächlich einen signifikanten Einfluss auf die Veränderung der Nasalanze eines Wortes oder Satzes haben ($p < 0,05$), werden in der folgenden Tabelle auch nur die relevanten Ergebnisse dargestellt.

Folgende Abkürzungen bedeuten in dieser Tabelle:

c = Konstante; a = Regressionskoeffizient; r^2 = Bestimmtheitsmaß/-koeffizient;

p = Signifikanzniveau; x = abhängige Variable; y = unabhängige, eingeschlossene Variable.

x = Veränderung des Nasalanzwertes	c	a	y = Einflussfaktoren (y1,y2,y3)	r²	p
„Ampel“	19,465	-0,571	„Ampel“ - präop	0,210	0,012*
„Lampe“	15,719	-0,498	„Lampe“ - präop	0,211	0,014*
„Papagei“	16,530	-0,790 -1,235	1. „Papagei“ - präop 2. maximale Ok-Verlagerung vertikal	0,385	0,008**
„Teetasse“	14,759	-0,629	„Teetasse“ - präop	0,262	0,005**
„Kakao“	11,687	-0,554	„Kakao“ - präop	0,178	0,025*
„gut“	16,960	-0,671	„gut“ - präop	0,328	0,001*
„Zug“	27,873	-1,088	„Zug“ - präop	0,532	0,000***
nnS1	11,841	-0,557	nnS1 - präop	0,193	0,017*
nnS2	12,369	-0,411	nnS2 - präop	0,165	0,029*
nnS3	16,155	-0,618	nnS3 - präop	0,207	0,013*
nnS4	kein signifikantes Modell erstellbar				
nnS5	kein signifikantes Modell erstellbar				
nnS6	kein signifikantes Modell erstellbar				
nnS7	18,144	-0,732	nnS7 - präop	0,405	0,000***
nS1	27,326	-0,457	nS1 - präop	0,159	0,032*

Tab. 13: Lineare multiple Regressionsanalyse: Einfluss des präop Nasalanzwertes (y^1), der max. OK-Verlagerung vertikal (y^2) und der max. OK-Verlagerung sagittal (y^3) (unabhängige Variablen) auf die Nasalanzveränderung (x) (abhängige Variable)

nS2	31,110	-0,637	nS2 - präop	0,407	0,000***
nS3	24,992	-0,525	nS3 - präop	0,237	0,007**
N DIST	4,056	1,551	maximale OK-Verlagerung vertikal	0,138	0,047*
N RATIO	kein signifikantes Modell erstellbar				

(Fortsetzung Tab. 13)

Das Bestimmtheitsmaß r^2 gibt, wie bereits im vorangegangenen Kapitel 2.5 erwähnt, die Güte des linearen Zusammenhangs an. Ferner lässt sich durch die Angabe des p - Wertes auf die statistische Signifikanz des Regressionsmodell bzw. des Zusammenhangs schließen.

Wie aus der Tabelle zu entnehmen, beeinflusste die Höhe des präoperativen Nasalanzwertes vieler Wörter und Sätze signifikant die postoperative Nasalanzveränderung dieser Testitems.

Bei zwei Modellen besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der maximalen vertikalen Oberkieferverlagerung und der Nasalanzveränderung.

So wirkte sich zu 38,5 % die maximale vertikale Oberkieferverlagerung und die Höhe des präoperativen Nasalanzwertes des Wortes „Papagei“ auf die Veränderung der Nasalanz dieses Wortes aus. Dieser Zusammenhang ist auf dem 1% - Niveau signifikant.

Ebenfalls beeinflusste zu 13,8 % die maximale vertikale Oberkieferverlagerung die Veränderung der „Nasalance Distance“. Dieser Zusammenhang ist auf dem 5% - Niveau signifikant.

Bei weiteren 4 Testitems der Nasalanzmessung konnte, wie auch in der Tabelle markiert, kein signifikantes Regressionsmodell erstellt werden.

Folgende Streupunktdiagramme stellen die Regressionsgeraden oder auch Trendkurven des linearen Zusammenhangs zwischen der Nasalanzveränderung und den Einflussvariablen dar.

Veranschaulicht sind hier die Veränderung des Wortes „Papagei“ und die „Nasalance Distance“.

Diese beiden Testitems wurden zur Darstellung gewählt, da es bei diesen möglich war, eine anschauliche und eindeutige Kurvenfunktion zu erstellen.

Zu beachten ist, dass auch in dieser Graphik negative Werte der Oberkieferverlagerung das maximale Ausmaß der Hochverlagerung symbolisieren.

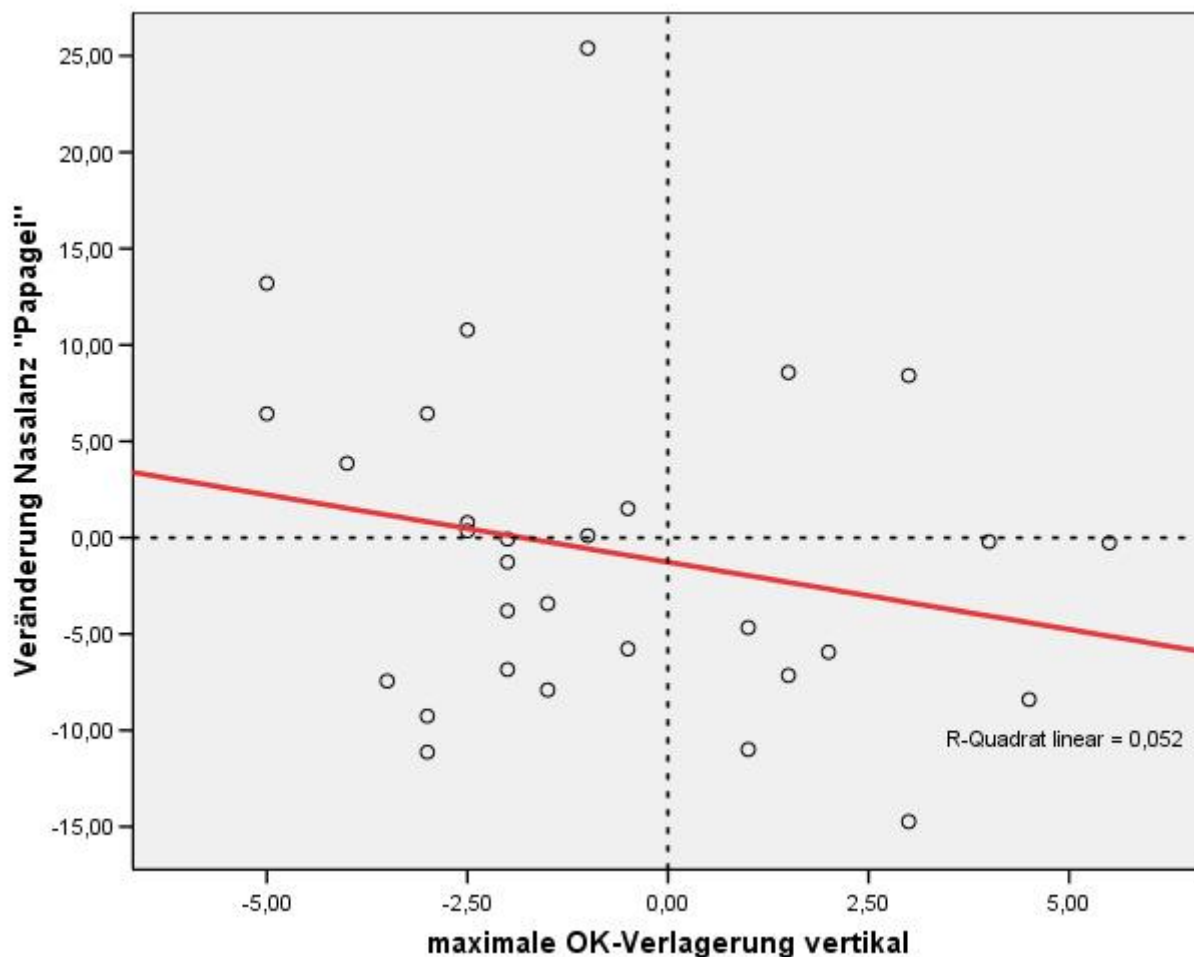


Abb. 14: Streupunktplot: Regressionsgerade zum Regressionsmodell: Veränderung der Nasalanze „Papagei“ (x) und maximale OK-Verlagerung vertikal (y). Linearer Funktionsgraph

Der Graph veranschaulicht, dass es mit zunehmender Oberkieferhochverlagerung zu einer größeren Veränderung der Nasalanze postoperativ kam.

Je geringer die Oberkieferhochverlagerung war, desto geringer fiel auch die Nasalanzeveränderung aus. Der Graph nähert sich bei kleineren Strecken (z.B. -2,5 mm) der Hochverlagerung dem O-Wert der Nasalanzeveränderung an.

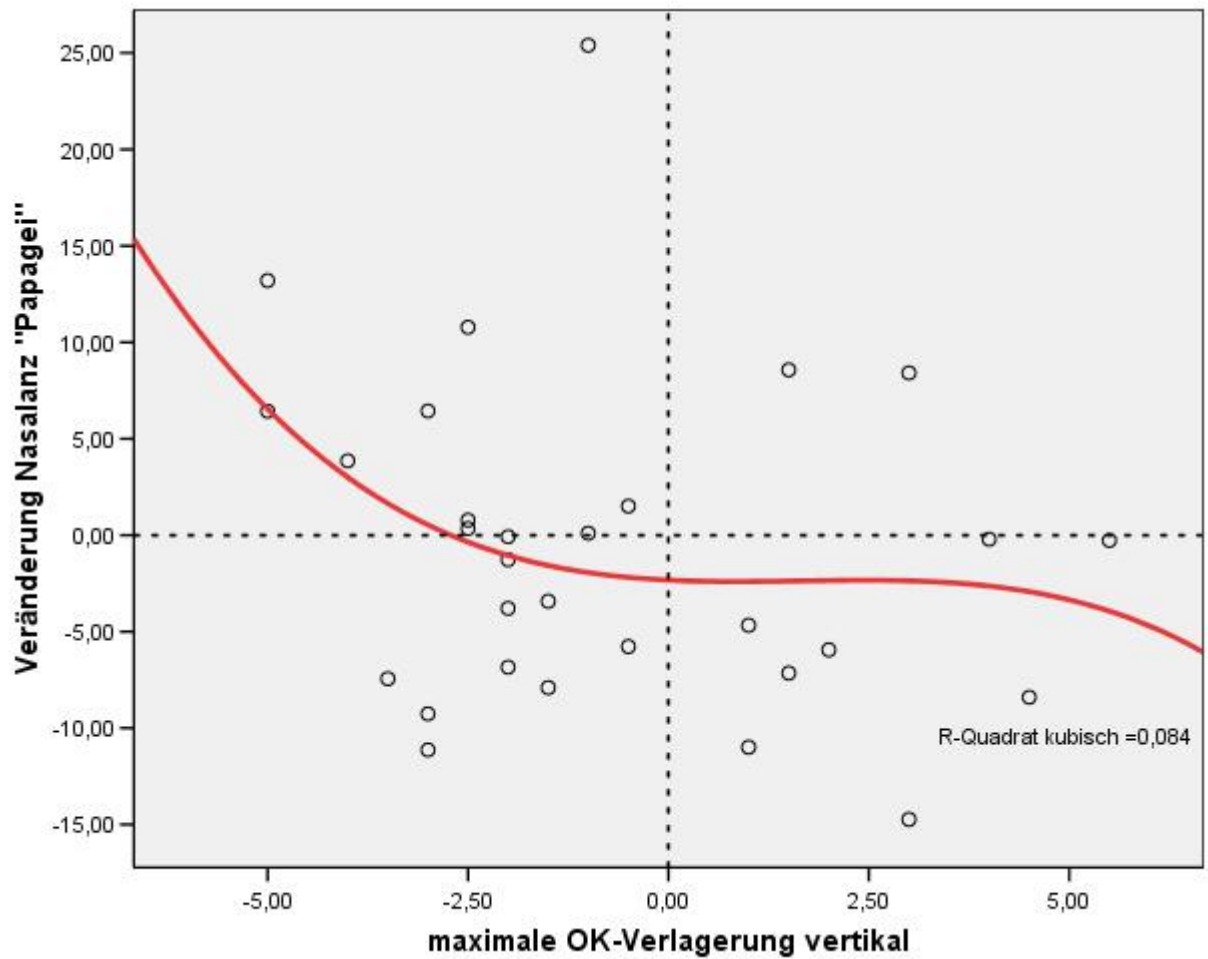


Abb.15: Streupunktendiagramm: Das Regressionsmodell: Veränderung der Nasalanze „Papagei“ (x) und maximale OK-Verlagerung vertikal (y). Kubischer Funktionsgraph.

Die kubische Funktion stellt ebenfalls eine sehr anschauliche Möglichkeit der graphischen Illustration des oben erläuterten Zusammenhangs dar. Der Funktionsgraph zeigt, dass es bei erhöhter maximaler Oberkieferhochverlagerung zu einer größeren Veränderung der Nasalanze kam. Das Plateau des Graphen liegt hier annähernd um den Nullpunkt. Dies bedeutet, dass es bei sehr geringer Hochverlagerung auch nur zu minimalen Nasalanzeveränderungen kam.

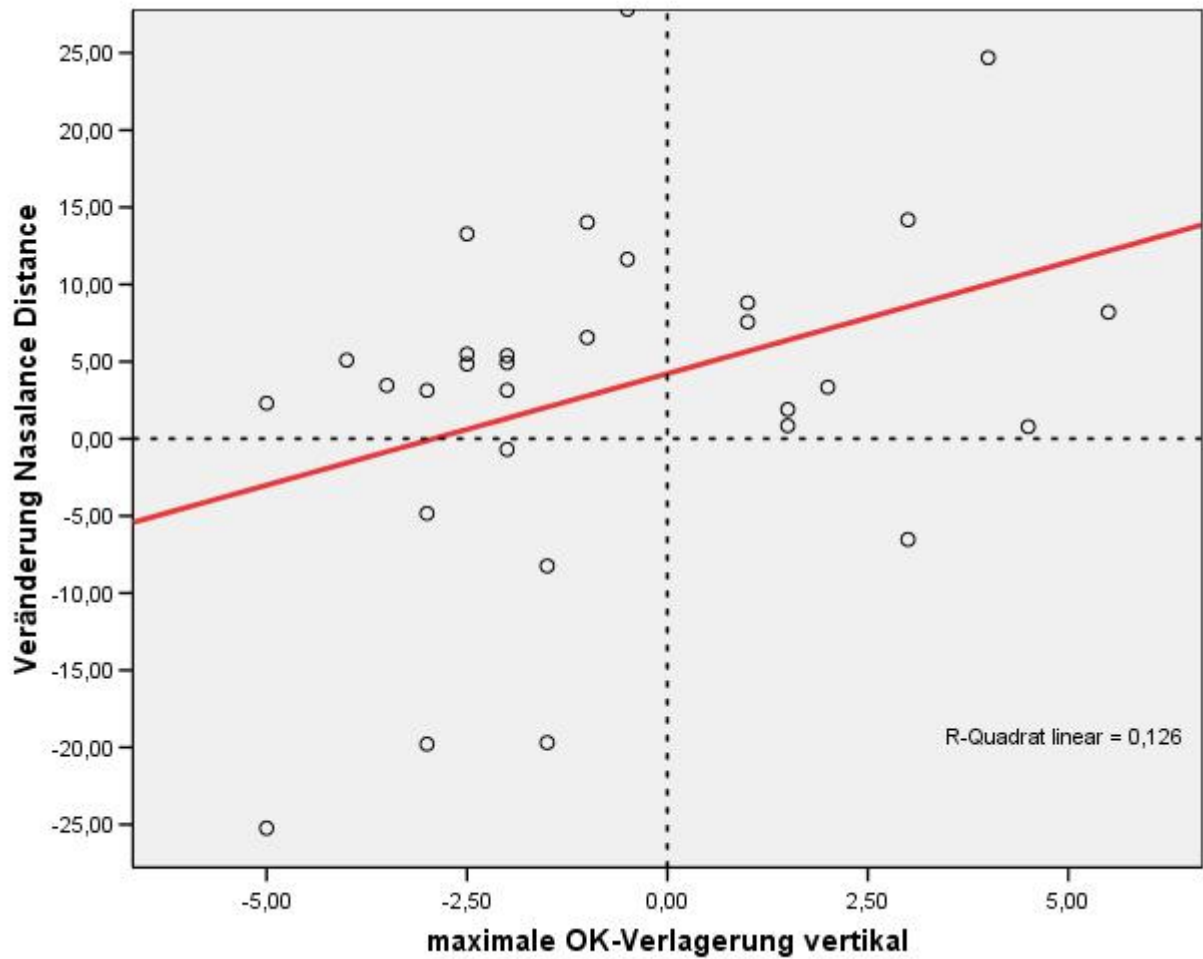


Abb.16: Streupunktdiagramm: Regressionsgerade zum Regressionsmodell: Veränderung der „Nasalance Distance“ (x) und maximale OK-Verlagerung vertikal (y). Linearer Funktionsgraph

Der Funktionsgraph des Zusammenhangs zwischen der Veränderung der „Nasalance Distance“ und der maximalen Oberkieferverlagerung in vertikaler Richtung veranschaulicht, dass es mit zunehmender Oberkieferhochverlagerung zu einer Abnahme der „Nasalance Distance“ kam.

3.5 Die Veränderung der Nasalanz und die Korrelation zu der sagittalen und vertikalen Kieferverlagerung

Die folgende Tabelle 14 stellt die Interkorrelation zwischen den beiden Variablen, Veränderung der Nasalanz eines jeweiligen Wortes oder Satzes und dem maximalen Ausmaß der sagittalen und vertikalen Ober- und Unterkieferverlagerung, dar. Anhand der parametrischen Korrelationsanalyse nach Pearson wurde dieser Zusammenhang berechnet. Als Indikator für die Stärke des Zusammenhangs dient hierzu die Prüfgröße Korrelationskoeffizient (r).

Veränderung der Nasalanz	maximale OK-Verlagerung		maximale UK-Verlagerung	
	vertikal	sagittal	vertikal	sagittal
„Ampel“ Korrelationskoeffizient (r)	-0,51	0,163	0,112	0,079
„Lampe“ Korrelationskoeffizient (r)	0,002	0,113	0,006	0,058
„Papagei“ Korrelationskoeffizient (r)	-0,229	0,068	-0,242	-0,014
„Teetasse“ Korrelationskoeffizient (r)	0,078	0,177	-0,077	-0,06
„Kakao“ Korrelationskoeffizient (r)	-0,110	0,196	-0,190	-0,002
„gut“ Korrelationskoeffizient (r)	-0,54	-0,292	-0,074	0,053
„Zug“ Korrelationskoeffizient (r)	-0,065	0,072	-0,153	-0,020
nnS1 Korrelationskoeffizient (r)	0,229	0,167	-0,057	-0,185
nnS2 Korrelationskoeffizient (r)	0,128	0,009	-0,189	-0,136
nnS3 Korrelationskoeffizient (r)	0,234	-0,057	-0,095	-0,115

Tab. 14: Korrelationsanalyse nach Pearson: Der Zusammenhang zwischen der Veränderung der Nasalanz eines jeweiligen Wortes bzw. Satzes und der maximalen OK- bzw. UK-Verlagerung in vertikaler bzw. sagittaler Richtung. Korrelationskoeffizient (r).

nnS4				
Korrelationskoeffizient (r)	0,109	-0,023	-0,103	-0,116
nnS5				
Korrelationskoeffizient (r)	0,085	-0,061	-0,108	-0,101
nnS6				
Korrelationskoeffizient (r)	0,103	0,105	-0,201	-0,270 *
nnS7				
Korrelationskoeffizient (r)	0,25	0,061	0,002	-0,028
nS1				
Korrelationskoeffizient (r)	0,325	-0,063	-0,145	-0,1
nS2				
Korrelationskoeffizient (r)	0,391*	0,137	-0,22	-0,177
nS3				
Korrelationskoeffizient (r)	0,215	0,051	-0,216	-0,2
N Ratio				
Korrelationskoeffizient (r)	0,017	0,121	-0,62	-0,139
N Distance				
Korrelationskoeffizient (r)	0,355	-0,063	-0,139	-0,048

(Fortsetzung Tab. 14)

Zwischen der Veränderung des nichtnasalen Satzes (nns6) „Der Affe fährt Fahrrad“ und dem maximalen Ausmaß der sagittalen Unterkieferverlagerung besteht ein statistisch signifikanter ($p < 0,05$) Zusammenhang von $|r| = -0,270$.

Ebenfalls ist die Interkorrelation $|r| = 0,391$ zwischen der Veränderung des nasalen Satzes (nS2) „Mama und Nina naschen Marmelade“ und dem maximalen Ausmaß der vertikalen Oberkieferverlagerung statistisch signifikant ($p < 0,05$).

Alle weiteren Zusammenhänge sind zwar, wie aus der Tabelle 14 zu entnehmen, quantitativ darstellbar, jedoch nicht statistisch signifikant.

4 Diskussion

Allgemein traten bei der Messung der Nasalanz mit dem NasalView® - System und der Datenerhebung der Verlagerungsstrecken anhand der KFO-Planungsbögen der Poliklinik für Kieferorthopädie der Universitätsklinik Münster keine Probleme auf.

Alle Patienten wiesen eine zuverlässige Compliance auf, so dass es insgesamt unproblematisch war, die prä- bzw. postoperative Messung am Tag der stationären Aufnahme vor dem chirurgischen Eingriff zur Umstellungsosteotomie bzw. vor der Metallentfernung an der Klinik und Poliklinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Münster durchzuführen.

Im Folgenden sollen nun die im vorherigen Kapitel dargestellten Ergebnisse im Hinblick auf Fragestellung und Zielsetzung dieser Untersuchung diskutiert werden. Die in dieser Studie gewonnenen Erkenntnisse sollen darüber hinaus mit denen anderer Studien verglichen werden. Außerdem erfolgt die Darstellung der klinischen Relevanz dieser Ergebnisse.

4.1 Das untersuchte Patientenkollektiv

Bei Patienten mit ausgeprägten Dysgnathien, die auf eine skelettale Fehlstellung von Ober- und/oder Unterkiefer zurückzuführen sind, ist häufig eine Korrektur der Kieferfehlstellungen nur auf chirurgischem Weg zu erzielen [79].

Nach Wachstumsabschluss und nach entsprechender kieferorthopädischer Vorbehandlung erfolgt dann durch die Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie eine kieferverlagernde Operation. So wurden in diese Studie 120 Patienten, die im Zeitraum von September 2007 bis Januar 2010 aufgrund einer mandibulären und/oder maxillären Dysgnathie kieferchirurgisch in der Abteilung für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Münster behandelt wurden, aufgenommen.

Wie in den vorangegangenen Kapiteln erläutert, fand eine heterogene Gruppe von 17 Patienten aufgrund des Zieles, ein statistisch eindeutiges Ergebnis zu erlangen, in der statistischen Analyse keine Berücksichtigung.

Somit erfolgte die Gegenüberstellung von zwei Therapiegruppen (Bi-Max-OP/Mand-OP) mit hohem Anteil an der Gesamtpopulation (Bi-Max-OP n = 47,5 %, Mand-OP n = 38,3 %) und mit geringen Unterschieden in der Patientenzahl (Bi-Max-OP n = 57, Mand-OP n = 46). Letztendlich wurden 103 Patienten in die statistische Analyse aufgenommen.

Damit besteht ein deutlicher Unterschied zu anderen Studien, die Patienten im Hinblick auf Sprachveränderungen nach Dysgnathiechirurgie untersucht haben.

So schlossen *Zemann et al.* nur 20 Patienten mit bimaxillärer Umstellungsosteotomie und *Van Lierde et al.* lediglich 13 Patienten mit orthognather Unterkieferverlagerung in ihre Untersuchung ein [96, 111].

Chancharoonsook et al. sprechen nach einem Review von 39 Artikeln, die den Einfluss orthognather Chirurgie im Oberkiefer auf die Sprache untersuchten, über durchschnittliche Zahlen von nur 2-10 (28,2 %) und 21-40 (25,6 %) untersuchten Patienten [17].

Der große Umfang des untersuchten Patientenkollektivs der vorliegenden Studie spiegelt sich in der Signifikanz der Ergebnisse eindeutig wieder.

Die Gesamtzahl von 103 Patienten umfasste 58 weibliche und 45 männliche Patienten. Solch eine Aufteilung des Patientenkollektivs auf annähernd gleiche weibliche und männliche Studienteilnehmer ist in der einschlägigen Literatur selten vorzufinden.

So nahmen an der Untersuchung von *Zemann et al.* 14 Frauen und 6 Männer teil [111]. *Guyette et al.* schlossen 13 männliche und 3 weibliche Patienten in ihre Untersuchung ein [37]. *Janulewitz et al.* berichten von 37 männlichen und 17 weiblichen Studienteilnehmern [49]. Wohingegen *Dalston et al.* ausschließlich 40 weibliche Patientinnen untersuchten [20].

Jäger et al. stellen im Hinblick auf die Motivation zur Entscheidung für einen dysgnathiechirurgischen Eingriff fest, dass möglicherweise mehr Frauen solch einer Operation zustimmen als Männer. Begründet wird diese Vermutung mit einer unterschiedlichen Motivation [46]. Der gering höhere Anteil von 13 weiblichen Patientinnen in der vorliegenden Untersuchung könnte mit dieser Überlegung erklärt werden. Jedoch ist es auch nicht auszuschließen, dass dieser minimal höhere Frauenanteil eher zufällig zustande kam. Allgemein beeinflussen neben medizinischen Motiven (Kaufunktion, Kiefergelenks-, Sprachprobleme) auch psychoästhetische Aspekte die Entscheidung zu einer kieferverlagernden Operation [46, 104].

Da es sich bei einem kieferchirurgischen Eingriff zur Korrektur einer Dysgnathie um einen Wahleingriff handelt [46], der nicht am wachsenden Gesichtsskelett durchgeführt werden sollte [45, 79], nahmen grundsätzlich nur Patienten, die älter als 18 Jahren waren und deren Wachstum abgeschlossen war, an dieser Untersuchung teil.

Jedoch zeigt der minimale Wert der Altersspanne von 16,8 Jahren der Mand-OP-Gruppe und 17,1 Jahren der Bi-Max-OP-Gruppe zum Zeitpunkt der Operation und der präoperativen Nasalanzmessung, dass der Richtwert von 18 Jahren nicht streng eingehalten wurde. Ausschließlich 7 Patientinnen dieser Studie waren zum Zeitpunkt der Operation bzw. der präoperativen Nasalanzmessung noch keine 18 Jahre alt.

Sicher ist, dass man bei jungen Frauen im Alter von 16-17 Jahren von einem Wachstumsabschluss ausgehen kann. Bei jungen Männern rechnet man von einem Ende des Wachstums im Alter von 18-19 Jahren [33, 79, 86]. Somit kann auch eine chirurgische skelettale Verlagerung bei jungen Frauen im Alter von über 16 Jahren nach Wachstumsausschluss ohne eine prognostische Unsicherheit und ohne die Sorge um ein Rezidiv erfolgen [34].

Lediglich bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten kann es erforderlich sein, dass ein chirurgischer Eingriff zum Ausgleich einer Dysgnathie zu einem früheren Zeitpunkt erfolgen muss. Grund dafür ist die mögliche Gefahr des maxillären Wachstumsstillstands vor dem Abschluss des Wachstums und die damit verbundene isolierte Längenzunahme des Unterkiefers, die zu einer ausgeprägten Angle-Klasse III führen kann [18].

Signifikante Altersunterschiede zwischen den beiden Gruppen Mand-OP und Bi-Max-OP zum Zeitpunkt der Operation bzw. der präoperativen und auch der postoperativen Nasalanzmessung konnten in der vorliegenden Arbeit statistisch ausgeschlossen werden.

Bei lediglich 5 % des untersuchten Patientenkollektivs war die Zusatzdiagnose eines Syndroms zu verzeichnen. Davon hatten 3 Patienten das Crouzon- oder Apert-Syndrom. Bedingt durch die frühzeitige Verknöcherung der Suturen der Schädelbasis kommt es bei Patienten mit einem Crouzon- bzw. Apert-Syndrom u.a. zur transversalen und sagittalen Unterentwicklung des maxillären Komplexes. Damit verbunden ist oftmals eine Rücklage des Oberkiefers [51].

Eine sagittale und transversale Wachstumshemmung des Oberkiefers ist auch häufig bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten zu diagnostizieren [51, 105].

Generell treten bei vielen Syndromen durch Störungen der Zahnzahl bzw. des Wachstums und durch Kiefer- und Schädelmissbildungen jeweils syndromtypische Dysgnathien auf [24].

Eine chirurgische Korrektur dieser Kieferfehlstellung durch eine Le-Fort-I-Osteotomie gilt dabei als eine etablierte Methode [49, 55, 105].

Ziel dieser Untersuchung war es jedoch, gesunde Patienten im Hinblick auf Nasalanzveränderungen nach Dysgnathieoperationen zu untersuchen. Somit wurde die geringe Anzahl der Patienten mit einem syndromalen Hintergrund oder einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte in der analytischen statistischen Auswertung nicht weiter berücksichtigt. Jedoch muss festgehalten werden, dass das Phänomen der Hypernasalität bzw. einer velopharyngealen Insuffizienz eine oft zu diagnostizierende Resonanzstörung bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten ist [15, 49].

Zemann et al. führen eine erhöhte Nasalanz bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten auf eine veränderte Anatomie der suprapalatalen Resonanzräume zurück [111]. Unterschiedlichste Faktoren beeinflussen dabei den Grad einer Nasalität. Dazu zählen nach *Stellzig-Eisenhauer* sowohl das Ausmaß der Gaumenspalte, Zeitpunkt und Operationstechnik der Gaumenverschlussplastik, als auch morphologische, funktionelle und physiologische Defizite, wie kurzes, schlecht bewegliches Gaumensegel und tiefer Nasopharynx [91].

Obwohl die Auswirkungen einer Oberkiefervervorlagerung auf den velopharyngealen Abschluss nicht vollständig erklärt sind, ist anzunehmen, dass eine Vorverlagerung des Oberkiefers zu bedeutsamen Veränderungen des velopharyngealen Raumes von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten führt [105].

Verglichen mit den Teilnehmern dieser Studie steht fest, dass es sich bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten um eine Gruppe von Patienten handelt, welche bereits präoperativ eine Beeinträchtigung der Stimmresonanz und des Sprechverhaltens aufweist [13, 111]. Solch eine Beeinträchtigung konnte bei den Patienten dieser Studie ausgeschlossen werden.

4.2 Die räumliche Verlagerung des Ober- und Unterkiefers

Die Le-Fort-I-Osteotomie im Oberkiefer ist, wie bereits im einleitenden Teil dargestellt, als ein etabliertes Verfahren zur Korrektur einer Kieferfehlstellung und zum Ausgleich ausgeprägter Okklusionsstörungen anzusehen [17, 42, 49, 55, 62, 69, 111].

In Kombination mit einer bilateralen Ramusosteotomie des Unterkiefers nach der Methode von Obwegeser-Dal Pont stellt sie darüber hinaus den Goldstandard zur Behandlung einer bimaxillären Dysgnathie und zur Schaffung eines harmonischen Gesichtsprofils dar [111]. *Chancharonsook et al.* sprechen in ihrem Review zum Einfluss von Oberkieferverlagerungen auf die Sprache über 28 von 39 Studien (71,8 %), in denen eine Le Fort I-, II-, und III-Osteotomie erfolgte [17].

Cheung et al. berichten in einer Meta-Analyse von 98 gefundenen Artikeln, dass in 83,57 % der Fälle eine Le-Fort-I-Osteotomie zur Korrektur einer Kieferfehlstellung durchgeführt wurde [18].

Auch in der vorliegenden Arbeit wurde die Le-Fort-I-Osteotomie im Oberkiefer und die bisagittale Spaltung des Unterkiefers nach der Methode von Obwegeser-Dal Pont ausschließlich bei den 103 statistisch erfassten Patienten zur Korrektur der Dysgnathie angewendet.

Von besonderem Interesse im Hinblick auf eine mögliche postoperative Nasalanzveränderung ist dabei die Verlagerung der Kiefer in vertikaler und sagittaler Richtung. Dazu erfolgte zunächst die genaue Betrachtung des untersuchten Patientenkollektivs in Bezug auf die Verlagerungsrichtung.

Es zeigte sich dabei, dass bei 25 Patienten der Bi-Max-OP-Gruppe eine Hochverlagerung des Oberkiefers (Impaktion) durchgeführt wurde. Im Unterkiefer erfolgte dagegen dieselbe in 49 Fällen. Von denen allein 43 Patienten zu der Bi-Max-OP-Gruppe zählten und somit womöglich damit auch eine simultane vertikale Verlagerung des Oberkiefers verbunden war.

Eine Tiefverlagerung des Oberkiefers wurde lediglich bei 9 Patienten vorgenommen.

Dagegen erfolgte diese bei 34 Patienten im Unterkiefer.

Allein bei 53 Patienten wurde eine Vorverlagerung des Oberkiefers durchgeführt.

Insgesamt 59 Patienten erhielten einen entsprechenden Eingriff im Unterkiefer, von denen bei 41 Patienten eine isolierte Unterkiefervorverlagerung vorgenommen wurde.

Bei 39 Patienten erfolgte eine Rückverlagerung des Unterkiefers. Von diesen zählten allein 36 Patienten zu der Bi-Max-OP-Gruppe. Dabei ist von einem bimaxillären Eingriff mit einer Kombination der Oberkiefervorverlagerung auszugehen.

Eine Rückverlagerung des Oberkiefers wurde bei keinem der Dysgnathiepatienten durchgeführt. Womöglich wurde dies aus anatomischen Gründen bei der Operationsplanung ausgeschlossen und zum Ausgleich der Dysgnathie eine Unterkiefervorverlagerung vorgenommen.

Auch in der Literatur wird eine Rückverlagerung des Oberkiefers selten diskutiert. So wurde bei der Literaturrecherche zu dieser Untersuchung lediglich eine relevante Studie gefunden, die den Einfluss orthognather Chirurgie auf die Sprache analysierte und dabei Patienten mit einer Oberkieferrückverlagerung einschloss. *Dalston et al.* berichten von 27 ihrer 40 untersuchten Dysgnathiepatientinnen, bei denen eine Rückverlagerung des Oberkiefers isoliert oder in Kombination mit einer Verlagerung des Unterkiefers durchgeführt wurde. Eine signifikante Beeinflussung des velopharyngealen Abschlusses und der Nasalanz konnte bei dieser Rückverlagerung jedoch ausgeschlossen werden [20].

Eine Vorverlagerung des Oberkiefers oder eine Kombination einer Vorverlagerung mit einer Impaktion des Oberkiefers ist dagegen in dieser, wie auch in zahlreichen anderen Studien, die sowohl gesunde Patienten, als auch Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten im Hinblick auf Sprachveränderungen nach orthognather Chirurgie untersuchten, von großem Interesse [17, 18, 49, 53, 55, 111].

Zemann et al. schlossen 20 Patienten ein, bei denen im Rahmen eines bimaxillären Eingriffes eine Vorverlagerung, eine Impaktion oder eine Kombination einer Vorverlagerung und einer Impaktion des Oberkiefers durchgeführt wurde [111].

Janulewitz et al. untersuchten 54 Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten mit isolierter und kombinierter Oberkiefervorverlagerung [49].

Der Grund für das große Interesse an der Vor- bzw. Hochverlagerung des Oberkiefers in Bezug auf eine Nasalanzveränderung besteht in der Tatsache, dass es durch eine Vorverlagerung des Oberkiefers zu einem vergrößerten Abstand des weichen Gaumens zur posterioren Pharynxwand kommt. Eine damit verbundene Beeinträchtigung des velopharyngealen Verschlusses und das Auftreten einer Hypernasalität sind dabei nicht auszuschließen [17, 70].

Viele Patienten können solch eine anatomische Veränderung jedoch durch funktionelle Anpassung kompensieren [42, 55, 73, 105]. Diese Anpassungsfähigkeit ist aufgrund funktioneller und anatomischer Defizite bei Lippen-Kiefer-Gaumenspalten jedoch eingeschränkt [42]. Oft besteht auch schon präoperativ eine erhöhte nasale Resonanz [13]. Somit ist es auch verständlich, dass der Schwerpunkt der klinischen Forschung zur Beeinträchtigung der Nasalanz nach orthognather Chirurgie bis jetzt auf die Untersuchung von Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten gelegt wurde.

Das Ausmaß der Verlagerungstrecke in Abhängigkeit von der Verlagerungsrichtung ist darüber hinaus ein entscheidender Parameter für eine postoperative Nasalanzveränderung durch eine Kieferverlagerung.

Zur genauen Analyse dieses Zusammenhangs wurden in der vorliegenden Untersuchung die Werte festgelegter Punkte im Ober- und Unterkiefer anhand der KFO-Planungsbögen ermittelt.

Dabei ist festzustellen, dass die Mittelwerte der Oberkieferhochverlagerung mit $\bar{x} = 2,1$ mm im rechten 6er- und mit $\bar{x} = 2,2$ mm im linken 6er-Bereich annähernd gleich sind. Dies gilt auch für den linken ($\bar{x} = 1,8$ mm) 3er- und rechten ($\bar{x} = 1,7$ mm) 3er-Bereich. Der Mittelwert der Verlagerung in der Mitte des Kiefers liegt jedoch nur bei $\bar{x} = 1,2$ mm.

Aus diesen unterschiedlichen Werten der Verlagerung innerhalb des Kiefers ist zu entnehmen, dass im Mittel eine symmetrische Hochverlagerung im linken und rechten Kieferbereich erfolgte. Jedoch wurde der Oberkiefer im posterioren Bereich (6er rechts $\bar{x} = 2,1$ mm; 6er links $\bar{x} = 2,2$ mm) durchschnittlich um 1 mm weiter nach kranial verlagert als im anterioren Bereich (Mitte $\bar{x} = 1,2$ mm). Eine Kippung des Oberkiefers zum Ausgleich eines offenen Bisses kann als Grund für die ungleichen Strecken der Oberkieferhochverlagerung angesehen werden.

Diese Feststellung deckt sich auch mit den Werten der maximalen Hochverlagerung im linken und rechten 6er-, 3er-, und mittleren Bereich. Hier besteht lediglich ein Unterschied von 1 mm zwischen der Verlagerungstrecke des linken (4 mm) und rechten (5 mm) 6er-Bereichs. Da sich diese Werte jedoch auf das maximale Ausmaß der Hochverlagerungen aller Patienten beziehen, bei denen eine Impaktion durchgeführt wurde, ist jener Unterschied von keiner weiteren klinischen Relevanz.

Auch die Mittelwerte der Oberkiefertiefverlagerung im linken und rechten 6er-, 3er- und mittleren Bereich lassen auf eine symmetrische Tiefverlagerung des Oberkiefers in horizontaler Richtung schließen.

Jedoch besteht hier umgekehrt zur Hochverlagerung eine größere Tiefverlagerung von mehr als 1 mm im anterioren Bereich (Mitte $\bar{x} = 1,8$ mm) als im posterioren Bereich (6er rechts $\bar{x} = 1,1$ mm; 6er links $\bar{x} = 1,3$ mm).

Auch die maximalen Werte der Tiefverlagerung zeigen diese Differenz der räumlichen Verlagerung des Oberkiefers.

Das Ausmaß der mittleren Vorverlagerung mit $\bar{x} = 3,6$ mm im rechten 6er-, $\bar{x} = 3,9$ mm im linken 6er-, $\bar{x} = 3,7$ mm im rechtem 3er-, $\bar{x} = 3,9$ mm im linken 3er und $\bar{x} = 3,5$ mm im mittleren Bereich lässt auf eine annähernd symmetrisch sagittale Positionierung des Oberkiefers schließen. Dabei bestehen lediglich Differenzen von höchstens 0,4 mm innerhalb des Kiefers im anterior- /posterior- und im rechts- /links-Vergleich.

Diese detaillierten Werte der Oberkiefervorverlagerung lassen sich nur schwer mit denen in der Literatur angegebenen Verlagerungsstrecken vergleichen.

So sprechen *Zemann et al.* von einer mittleren Oberkiefervorverlagerung von 2,6 mm (min. 0 mm; max. 5 mm) [111]. *Ko et al.* berichten von Vorverlagerungen des Oberkiefers bei Lippen-Gaumen-Spalten-Patienten in der Höhe von bis zu 8,9 mm [53]. *Kummer et al. und Ward et al.* stellen zwar tabellarisch das Ausmaß der Oberkieververlagerung dar, jedoch werden diese Angaben nicht in die nähere Untersuchung des Einflusses orthognather Chirurgie auf die Sprache eingeschlossen [55, 102]. In diesen Studien wie auch in anderen Untersuchungen fehlen genaue Angaben zur Lokalisation der Messpunkte oder der genaue Bezug zu anatomischen Strukturen [53, 55, 102, 111].

Bei Betrachtung des Verlagerungsausmaßes des Unterkiefers ist allgemein festzustellen, dass im Unterkiefer durchschnittlich größere Strecken in vertikaler und sagittaler Richtung verlagert wurden als im Oberkiefer.

Große Differenzen der Verlagerung innerhalb des Kiefers traten bei der Rückverlagerung des Unterkiefers auf. So wurde der Unterkiefer im rechten Kieferbereich um $\bar{x} = 4,1$ - $3,9$ mm rückverlagert. Dagegen erfolgte im Mittel im linken Kieferbereich lediglich eine Rückverlagerung von $\bar{x} = 2,4$ mm.

Auch das maximale Ausmaß der Rückverlagerung spiegelt diese ungleiche Verlagerung des linken und rechten Kiefers wieder.

Eine Schwenkung des Unterkiefers zum Ausgleich einer transversalen Fehlstellung kann ein Grund für diese asymmetrische Rückverlagerung sein.

Andere auffällige Diskrepanzen innerhalb des Unterkiefers in sagittaler und vertikaler Richtung liegen nicht vor. Jedoch fällt bei Betrachtung des maximalen Ausmaßes der Verlagerung auf, dass der Unterkiefer bis zu 15 mm vor und bis zu 13,5 mm rückverlagert wurde.

Generell gilt aber, dass skelettale Diskrepanzen eines Kiefers von mehr als 10 mm in einem bimaxillären Eingriff chirurgisch korrigiert werden sollten [41, 79].

Diese großen maximalen Verlagerungstrecken von 15 bzw. 13,5 mm stellen jedoch verglichen mit den Mittelwerten der sagittalen Verlagerung von \bar{x} = 5,4-5,1 mm in anteriorer Richtung und \bar{x} = 4,1-2,4 mm in posteriorer Richtung eindeutig Ausnahmen der maximalen Kieferverlagerung dar.

Entsprechend der Auffassung von *Mason et al.*, dass Operationen am Unterkiefer womöglich keinen Einfluss auf die Sprache haben [zit.n. 17], stellen *Chancharoensook et al.* fest, dass die klinische Forschung sich bis jetzt ausschließlich auf die Untersuchung der Sprache in Bezug auf Oberkieferverlagerung fokussiert hat [17].

Übereinstimmend mit dieser Auffassung ist nach Literaturrecherche zur vorliegenden Untersuchung festzustellen, dass lediglich eine Studie primär den Einfluss einer Unterkieferverlagerung auf die Sprache untersucht hat.

Van Lierde et al. untersuchten 8 gesunde Patienten nach bisaggitaler Spaltung des Unterkiefers zum Ausgleich einer Dysgnathie. Eine negative Beeinflussung der Nasalanze konnte in deren Untersuchung jedoch ausgeschlossen werden [96].

Übereinstimmend mit den oben genannten Publikationen erfolgte auch in der Studie dieser Forschungsgruppe keine detaillierte Beschreibung des Verlagerungsausmaßes und der Verlagerungsrichtung.

Prädisponierende Faktoren, wie beispielsweise ein kurzes Gaumensegel, ein tiefer Gaumen oder die genetische Vorbelastung durch familiäre velopharyngeale Insuffizienzen, schlossen *Van Lierde et al.* durch Voruntersuchung des Patientenkollektivs aus [96].

Verglichen mit den Patienten der vorliegenden Studie lag somit auch keine präoperative Belastung bzw. Beeinträchtigung der nasalen Resonanz des untersuchten Patientenkollektivs vor.

4.3 Mögliche Nasalanzveränderungen

Durch instrumentelle und objektive Messung mit dem NasalView® - System kann die Nasalanz quantitativ bestimmt werden. Grundlage der Berechnung ist die differenzierte Erfassung der nasalen und oralen Schallenergie [15]. Die Nasalanz errechnet sich prozentual anhand der von *Fletcher* entwickelten Formel (siehe Kapitel 2.2.2). Zur Messung der nasalen Resonanz wurde als Textvorlage eine modifizierte Version des Heidelberger Rhinophoniebogens verwendet. Diese in Deutschland weit verbreitete Vorlage setzt sich aus Vokalen, Konsonanten und nasalen, wie auch nichtnasalen Sätzen zusammen [15, 89].

Vergleicht man die Nasalanzmittelwerte aller nasalen und nichtnasalen Sätze der vorliegenden Untersuchung, so wird deutlich, dass ein hoher Nasalanzwert allgemein bei hohem Anteil nasaler Schallenergie, wie zum Beispiel bei dem nasalen Satz „Nenne meine Mama Mimi“, erreicht wird. Ein niedriger Nasalanzwert entsteht dagegen bei hohem Anteil oraler Schallenergie, wie beispielsweise bei dem nichtnasalen Satz „Die Schokolade ist sehr lecker“.

Küttner et al. berichten in ihrer Untersuchung zur Normwertbestimmung für das NasalView® - System in der deutschen Hochlautung von Nasalanzmittelwerten von 24,9 % (SD 5,2) für den nichtnasalen Satz („Die Schokolade ist sehr lecker“) und von 69,6 % (SD 5,5) für den nasalen Satz („Nenne meine Mama Mimi“) [58].

In der vorliegenden Untersuchung wurde für den nichtnasalen Satz („Die Schokolade ist sehr lecker“) ein Mittelwert aller statistisch analysierten Patienten von $\bar{x} = 22,04$ % (SD 6,06) präoperativ und von $\bar{x} = 21,76$ % (SD 7,87) postoperativ ermittelt. Für den nasalen Satz („Nenne meine Mama Mimi“) lag der Mittelwert aller statistisch analysierten Patienten präoperativ bei $\bar{x} = 59,39$ % (SD 9,46) und postoperativ bei $\bar{x} = 60,69$ % (SD 9,72). Unter Berücksichtigung der Standardabweichung kann man feststellen, dass diese ermittelten post- und präoperativen Werte mit denen von *Küttner et al.* bestimmten Normwerten übereinstimmen. Verglichen mit diesen Normwerten kann damit eine präoperative, wie auch postoperative Nasalanzbeeinträchtigung der hier untersuchten Patienten allgemein ausgeschlossen werden.

Ebenfalls stimmen diese Erkenntnisse mit dem von *Stellzig-Eisenhauer* erstellten Nasalanzschwellenwert von 28 % bei einem nichtnasalen Satz überein. Ein höherer Nasalanzschwellenwert würde demnach für das Vorliegen einer Hyperrhinophonie

sprechen [91]. Im Unterschied zu der vorliegenden Untersuchung muss angemerkt werden, dass *Stellzig-Eisenhauer* zur Festlegung dieses Schwellenwertes ebenfalls den Heidelberger Rhinophoniebogen als Textvorlage verwendete. Jedoch erfolgte die Nasalanzmessung in dieser Studie mit dem Nasometer® und nicht mit dem in der vorliegenden Untersuchung verwendeten NasalView® - Gerät.

Frühere Analysen zeigten, dass sich die Nasalanzwerte beider Geräte quantitativ und qualitativ unterscheiden [3, 59, 92]. Studien mit dem Nasometer® sprechen von einer Sensitivität von 78-80 % und einer Spezifität von 79-100 % ihrer Ergebnisse [21, 89]. Dagegen berichten *Bressmann et al.* über Ergebnisse mit dem NasalView® - Gerät von 74-91,1 % Sensitivität und 73-88,5 % Spezifität. Somit liefert das NasalView® - System Befunde der objektiven Hypernasalitätsdiagnostik, die mit denen des Nasometers® in einem vergleichbaren Rahmen liegen [14].

Dennoch ist der direkte Vergleich der Ergebnisse dieser Untersuchung mit den von *Stellzig-Eisenhauer* formulierten Normwerten nur bedingt möglich und kann somit nur als ein Hinweis für den Ausschluss einer Hyperrhinophonie des hier untersuchten Patientenkollektivs gewertet werden.

Die bisher diskutierten Erkenntnisse decken sich auch mit den weiteren vergleichenden Analysen der vorliegenden Untersuchung. So erfolgte zunächst die Betrachtung aller statistisch erfassten Patienten hinsichtlich signifikanter postoperativer Nasalanzunterschiede.

Dabei zeigte sich, dass der präoperative Nasalanzwert des nichtnasalen Satzes (nnS6) „Der Affe fährt Fahrrad“ ($\bar{x} = 20,53$ %) signifikant niedriger war als der postoperative Wert ($\bar{x} = 22,86$ %). Umgekehrt konnte festgestellt werden, dass der präoperative Wert des Wortes „Papagei“ ($\bar{x} = 24,15$ %) signifikant höher lag als der zugehörige postoperative Mittelwert ($\bar{x} = 22,08$ %).

Der Vergleich der prä- bzw. postoperativen Nasalanzmittelwerte der Bi-Max-OP-Gruppe auf signifikante Unterschiede zeigte, dass zwischen dem präoperativen Nasalanzwert des nichtnasalen Satzes (nnS6) „Der Affe fährt Fahrrad“ ($\bar{x} = 20,45$ %) und dem postoperativen Wert dieses Satzes ($\bar{x} = 24,26$ %) ein signifikanter Unterschied besteht. Der postoperative Wert dieses Satzes lag um 3,81 % höher als der präoperative Wert.

Somit bestehen nur wenige signifikante Unterschiede von 2,07-3,81 % zwischen der prä- und postoperativen Nasalanzmessung, die sowohl auf eine Nasalanzsteigerung,

als auch auf eine Nasalanzminderung nach einer Dysgnathieoperation hindeuten. Ein deutlicher Trend der Nasalanzveränderung kann aber ausgeschlossen werden.

Diese Erkenntnisse stimmen annähernd mit den von *Zemann et al.* gefundenen Ergebnissen zu Veränderungen der Nasalanz nach einer Le-Fort-I-Osteotomie überein. So zeigte sich in der Analyse jener Autorengruppe postoperativ eine durchschnittliche Nasalanzsteigerung von 4,2 % und bei 13 Patienten eine Zu- und bei 7 Patienten eine Abnahme der Nasalanzwerte nach Lesen eines Standardtextes. Eine statistische Signifikanz dieser Ergebnisse konnten *Zemann et al.* jedoch nicht feststellen [111].

Auch *Vallino et al.* betonen, dass durch Sprachuntersuchungen von 34 Nicht-Spaltpatienten nach Oberkieferverlagerung eine postoperative Hypernasalität ausgeschlossen werden konnte [95].

Die Nasalanzwerte beim normalen Sprechen hängen von unterschiedlichsten Faktoren ab. Zu diesen zählen die Muttersprache, der Dialekt, die Rasse, das Geschlecht, das Alter, die verwendeten Sprachstimuli, die Hardware zur Nasalanzmessung, der Zahnersatz (falls vorhanden) und auch eine vorangegangene Adenektomie oder Tonsillektomie [15, 67, 92].

Mit Kenntnis dieser Einflüsse auf die individuelle Ausprägung der Nasalanz und der oben diskutierten hohen Sensitivität und Spezifität des NasalView® - Systems lässt sich auch die geringe Anzahl der oben genannten statistisch signifikanten Unterschiede erklären. Es kann dabei nicht ausgeschlossen werden, dass neben dem chirurgischen Dysgnathieeingriff auch verschiedene andere individuelle oder technische Faktoren diese Nasalanzunterschiede verursachten.

Zur weiteren Analyse von möglichen Nasalanzveränderungen durch eine Dysgnathieoperation erfolgte die vergleichende Gegenüberstellung der Bi-Max-OP-Gruppe und der Mand-OP-Gruppe. Lediglich bei dem präoperativen Messwert des Wortes „Kakao“ besteht ein statistisch signifikanter Unterschied. Bei diesem Wort lag der Mittelwert der Nasalanz in der Bi-Max-OP-Gruppe wesentlich niedriger als in der Mand-OP-Gruppe. Sowohl bei der Überprüfung der postoperativen Mittelwerte, als auch bei dem Vergleich der mittleren Nasalanzveränderung konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Somit können auch Differenzen der Nasalanzveränderung in Abhängigkeit von der Kieferverlagerung (reine Unterkieferverlagerung vs. Kombination aus Ober- und Unterkieferverlagerung) in dieser Untersuchung ausgeschlossen werden.

Berücksichtigt man, dass es durch Verschiebung der Kieferpositionen und damit einhergehenden Veränderungen der Kieferöffnung und der Zungenposition zur Beeinflussung der Artikulation, der Resonanz und der Sprachcharakteristik kommen kann [11, 96], stimmen diese Ergebnisse mit den Erkenntnissen anderer Untersuchungen überein. Durch eine Dysgnathieoperation kann eine Beeinträchtigung der Artikulation und der Sprachcharakteristik nicht ausgeschlossen werden. Eine signifikante Nasalananzveränderung ist jedoch nach einer Dysgnathieoperation nicht zu befürchten [95, 96].

Zusammenfassend zeigen diese Ergebnisse, dass nur wenige statistisch signifikante Unterschiede zwischen den prä- bzw. postoperativen Nasalananzmittelwerten bestehen. Auch der Vergleich der prä- und postoperativen Werte und der Veränderung der Nasalananz zwischen der Mand-OP-Gruppe und Bi-Max-OP-Gruppe zeigte keine bedeutsamen Differenzen dieser beiden Gruppen. In Bezug auf die bestehenden signifikanten Unterschiede kann vermutet werden, dass diese vielmehr zufällig oder durch Ungenauigkeiten in der Messung und Auswertung entstanden sind, als dass sie klinisch begründet werden können. Der Einfluss von anatomischen, individuellen oder technischen Faktoren auf die Nasalananz darf dabei nicht unbeachtet bleiben. Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Untersuchung kann aus diesen Erkenntnissen kein eindeutiger Trend der postoperativen Nasalananzveränderung diagnostiziert werden.

4.4 Einfluss der Kieferverlagerung auf die Nasalanzveränderung

Mit einer Oberkieferverlagerung durch eine Le-Fort-I-Osteotomie ist auch eine anteriore Verlagerung des weichen Gaumens verbunden. Diese anatomische Veränderung verursacht eine Vergrößerung des Abstandes zwischen dem weichen Gaumen und der hinteren Pharynxwand [17, 18, 42, 60, 82, 105]. Dadurch kann es postoperativ zu einem insuffizienten velopharyngealen Abschluss und einer daraus resultierenden Nasalanzveränderung kommen [17, 18, 39, 42, 82, 94, 102].

Das Ausmaß der Verlagerungsstrecke ist in diesem Zusammenhang, neben dem präoperativen Nasalanzwert eines Sprechers, für das postoperative Auftreten einer Hypernasalität von entscheidender Bedeutung [17, 26, 55, 62].

Zu beachten ist, dass der vertikalen Position des Oberkiefers eine gleichwertige Bedeutung für die Qualität der Sprache zukommt wie dessen Lage in der sagittalen Ebene [91].

Demgemäß wurde auch in der vorliegenden Studie anhand der multiplen Regressionsanalyse der Einfluss des sagittalen und vertikalen Verlagerungsausmaßes und des präoperativen Nasalanzwertes auf die postoperative Nasalanzveränderung untersucht. Dabei existiert bei zwei Regressionsmodellen ein signifikanter Zusammenhang zwischen der maximalen vertikalen Oberkieferverlagerung und der Nasalanzveränderung des jeweiligen Testitems. So wirkten sich zu 38,5 % die maximale vertikale Oberkieferverlagerung und die Höhe des präoperativen Nasalanzwertes des Wortes „Papagei“ signifikant auf die Veränderung desselben aus.

Dieses mathematische Modell zeigt auf, dass je höher die präoperative Nasalanz des Wortes „Papagei“ war und je größer die maximale vertikale Oberkieferverlagerung ausfiel, desto stärker veränderte sich auch der Nasalanzwert dieses Wortes.

Jener Zusammenhang ließ sich anhand von Streupunktdiagrammen und zugehörigen Regressionsgeraden anschaulich graphisch darstellen.

Aus dem Verlauf des linearen und kubischen Funktionsgraphen bezüglich des Zusammenhangs der maximalen vertikalen Oberkieferverlagerung und der Nasalanzveränderung des Wortes „Papagei“ wird offensichtlich, dass es mit zunehmender Oberkieferhochverlagerung bzw. Impaktion des Oberkiefers zu einer größeren Veränderung der Nasalanz kam.

Diese Erkenntnis lässt sich in die Ergebnisse anderer Forschungsgruppen einordnen.

So berichten *Zemann et al.* von einer mittleren Nasalanzsteigerung von 1,4 % bei einer ausschließlichen Oberkieferverlagerung und einer Nasalanzhöhung von durchschnittlich 15,9 % bei einer kombinierten Oberkieferverlagerung mit Impaktion. Im Unterschied zu der vorliegenden Studie bewirkte jedoch eine isolierte Impaktion des Oberkiefers eine Abnahme des Nasalanzmittelwertes von 13,6 % [111].

Schwarz und Gruner führten Sprachuntersuchungen an Spalt- und Nicht-Spalt-Patienten nach Oberkieferverlagerung von bis zu 18-20 mm durch. Zusammenfassend schließen die Autoren aus ihren Ergebnissen, dass es mit zunehmender Vorverlagerung zu einer größeren Beeinträchtigung des velopharyngealen Abschlusses kam und betonen dabei, dass auch Nicht-Spalt-Patienten von dem Risiko einer postoperativen Hypernasalität nicht ausgeschlossen werden können [82].

Ko et al. stellen fest, dass bei 14% ihrer untersuchten Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten, bei einer durchschnittlichen Oberkieferverlagerung von 8,9 mm durch eine Distraction, Verschlechterungen der Hypernasalität zu diagnostizieren waren. Diese Verschlechterungen korrelierten signifikant mit der Vorverlagerung des Oberkiefers ($p < 0,01$) [53].

Kummer et al. untersuchten mit Hilfe einer videofluoroskopischen Technik den Effekt einer Le-Fort-I-Osteotomie zur Oberkieferverlagerung auf den velopharyngealen Abschluss. Dabei konnten sie feststellen, dass postoperative kompensatorische Effekte, wie eine Zunahme der Beweglichkeit der lateralen Pharynxwand oder der Länge des Velums, dem Auftreten einer postoperativen Hypernasalität vorbeugten [55].

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse dieser dargelegten Studien kann in der vorliegenden Untersuchung davon ausgegangen werden, dass eine sagittale Vorverlagerung des Oberkiefers keinen signifikanten Einfluss auf die Nasalanzveränderung der untersuchten Patienten hatte. Grund dafür kann die von *Kummer et al.* beschriebene kompensatorische muskuläre Anpassung des palatinalen und pharyngealen Gewebes sein.

Dagegen kann bei einer Oberkieferhochverlagerung in der vertikalen Ebene eine Veränderung der Nasalanz mit Kenntnis der Ergebnisse dieser Studie nicht ausgeschlossen werden. Dies zeigt sich auch in dem Zusammenhang zwischen der maximalen vertikalen Oberkieferverlagerung und der Veränderung der „Nasalance Distance“.

Zu 13,8 % beeinflusste die maximale vertikale Oberkieferverlagerung die Veränderung der „Nasalance Distance“.

Betrachtet man den zugehörigen Funktionsgraphen zu diesem Regressionsmodell, so kann festgestellt werden, dass es mit zunehmender Oberkieferhochverlagerung zu einer Abnahme der „Nasalance Distance“ kam.

An dieser Stelle bedarf es zunächst einer näheren Erläuterung des Begriffes „Nasalance Distance“.

Patienten, bei denen nach subjektiver Einschätzung normale Nasalanzwerte zu diagnostizieren sind, können im Mittel beträchtliche Unterschiede der Nasalanz aufweisen [92]. Jeder Sprecher weist eine individuelle Spanne der Nasalanz in seiner Sprache auf [15]. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse haben *Bressmann et al.* die Prüfmaße „Nasalance Distance“ and „Nasalance Ratio“ entwickelt, die sich aus den Mittelwerten der maximalen und minimalen Nasalanz errechnen und die eine große Spezifität und Sensitivität besitzen [92]. Die „Nasalance Distance“ wird wie folgt berechnet: $\text{Nasalance Distance} = \text{maximale Nasalanz} - \text{minimale Nasalanz}$ [15].

Zur Berechnung wurde in dieser Studie für die minimale Nasalanz der nichtnasale Satz (nnS1) „Peter spielt auf der Straße“ und für die maximale Nasalanz der nasale Satz (nS1) „Nenne meine Mama Mimi“ verwendet.

Kommt es nun nach einer Dysgnathieoperation zu einer Nasalanzsteigerung bzw. Hypernasalität, so dass auch nichtnasale Sätze einen hohen Nasalanzwert aufweisen, so wird auch der Wert der „Nasalance Distance“ kleiner, da die minimale Nasalanz in der Berechnung zunimmt. Dieser Einfluss einer erhöhten nasalen Resonanz eines Sprechers auf die „Nasalance Distance“ zeigte sich auch in den Untersuchungen von *Wermker und Bressmann et al.* [15, 107].

Übertragen auf den Verlauf des Funktionsgraphen bezüglich des Zusammenhangs zwischen der Veränderung der „Nasalance Distance“ und der maximalen vertikalen Oberkieferverlagerung kann auf der Grundlage dieser Erläuterung verdeutlicht werden, dass es mit zunehmender Oberkieferhochverlagerung zu einer Zunahme der Nasalanzveränderung kommen kann und dies zu einer geringeren „Nasalance Distance“ führt.

Ebenfalls stimmen Studien, die den Einfluss des Gesichtsschädelaufbaus auf die Nasalanz anhand kephalometrischer Parameter untersuchten, mit den in dieser Studie gewonnenen Erkenntnissen überein. So betonen *Müßig et al. und Stellzig-Eisenhauer* die Bedeutung der Oberkieferposition in der vertikalen Ebene für die Sprechqualität.

Die Autoren gehen davon aus, dass sich das Velum bei einer anterioren Neigungsdisharmonie des Oberkiefers aufgrund der Abstandsvergrößerung nicht mehr an die weiter kranial liegenden adenoiden Polster anlegen kann und der velopharyngeale Abschluss dadurch erschwert wird [68, 91].

Damit lassen sich auch die in dieser Studie gefundenen Ergebnisse interpretieren, wonach es durch eine Kranialverlagerung des Oberkiefers im Rahmen einer Le-Fort-I-Osteotomie postoperativ durch Abstandsvergrößerung zu einer Beeinträchtigung des velopharyngealen Abschlusses und der nasalen Resonanz kommen kann.

Neben dem Einfluss der vertikalen Lageveränderung des Oberkiefers auf die Nasalanze zeigte die Regressionsanalyse der vorliegenden Untersuchung, dass auch die Höhe des präoperativen Nasalanzwertes vieler Wörter und Sätze sich signifikant auf die postoperative Nasalanzveränderung dieser Testitems auswirkte.

Die hier ermittelten Ergebnisse unterstützen die Meinung anderer Autoren, dass die Suffizienz des präoperativen velopharyngealen Abschlusses und der damit verbundene Grad der präoperativen Nasalanze für das postoperative Auftreten einer Hypernasalität nach Oberkieferverlagerungen nicht unbedeutend sind [17, 26, 49, 55, 102, 105, 110].

Zur ausführlichen Untersuchung des Einflusses der sagittalen und vertikalen Kieferverlagerung auf die Nasalanzveränderung schloss sich in der vorliegenden Studie die Korrelationsanalyse nach Pearson an. Diese belegte keinen eindeutigen Trend des Zusammenhangs zwischen der Nasalanzveränderung und der sagittalen und vertikalen Kieferverlagerung. Es besteht dabei lediglich eine statistisch signifikante Beziehung ($p < 0,05$) zwischen der Veränderung eines nichtnasalen Satzes und dem maximalen Ausmaß der sagittalen Unterkieferverlagerung bzw. zwischen der Veränderung eines nasalen Satzes und dem maximalen Ausmaß der vertikalen Oberkieferverlagerung.

Grundsätzlich kann nach den hier diskutierten Ergebnissen festgestellt werden, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Veränderung der Nasalanze und der maximalen vertikalen Oberkieferverlagerung besteht.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass es mit zunehmender Kranialverlagerung des Oberkiefers zu einer größeren Beeinträchtigung der Nasalanze postoperativ kommen kann. Eine sagittale Oberkieferverlagerung hat dagegen nach den vorliegenden Ergebnissen keinen signifikanten Einfluss auf eine postoperative

Nasalanzveränderung. Indessen kann das Ausmaß der präoperativen Nasalanz eines Sprechers sich ebenso signifikant auf die postoperative Nasalanzveränderung auswirken.

4.5 Ausblick

Grundsätzlich können mit Kenntnis der in dieser Untersuchung gefundenen Ergebnisse signifikante Beeinträchtigungen der Nasalanz durch Dysgnathieoperationen ausgeschlossen werden.

Ist jedoch in der Operationsplanung eine Impaktion des Oberkiefers vorgesehen, so können postoperative Nasalanzveränderungen impliziert sein. Auch eine schon präoperativ erhöhte Nasalanz eines Sprechers kann zu einer größeren postoperativen Nasalanzbeeinträchtigung führen.

Zur weiteren Analyse und Erklärung des Zusammenhangs zwischen der vertikalen Lageveränderung des Oberkiefers durch Dysgnathieoperationen und der daraus beeinflussten Nasalanzveränderung bedarf es näherer und detaillierter Untersuchungen.

Von klinischer Bedeutung sind dabei sicherlich der Bezug zu kephalometrischen Parametern der hier untersuchten Patienten und deren prä- und postoperativer Vergleich.

Auch die Gegenüberstellung der hier objektiv ermittelten Nasalanzwerte durch das NasalView® - Gerät mit einer perzeptiven sprachtherapeutischen Nasalanzbeurteilung sollte im Anschluss an diese Untersuchung durchgeführt werden, da objektiv ermittelte Nasalanzveränderungen nicht zu subjektiv erkennbaren Veränderungen der Sprachcharakteristik führen müssen [16, 21]. Den präoperativen Befürchtungen und Ängsten seitens des Patienten könnte damit im Rahmen der Aufklärung vorgebeugt werden.

Eine vergleichende Analyse von Nasalanzveränderung durch Dysgnathieoperationen bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten und bei gesunden Patienten wurde in der vorliegenden Untersuchung nicht durchgeführt.

Wie aber bereits erläutert, wird in der Literatur die Problematik einer Hypernasalität bei

Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten aus verschiedensten Perspektiven erforscht und diskutiert.

Somit ist eine prüfende Gegenüberstellung beider Patientenkollektive sicher von klinischer Relevanz und stellt eine Erweiterung der hier gefundenen Ergebnisse dar.

5 Zusammenfassung

Durch verlagernde Eingriffe am Ober- und Unterkiefer kann es aufgrund anatomischer Beziehungen zu den Resonanzräumen des Mittelgesichts (Nase und Nasennebenhöhlen) und besonders zum velopharyngealen Bereich zur Beeinflussung der nasalen Stimmresonanz kommen.

Eine Hypernasalität stellt allgemein eine oft zu diagnostizierende Resonanzstörung bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten dar [15, 49]. Demgemäß wird in der Literatur vielfach der Einfluss orthognather Chirurgie auf die Nasalität bzw. das Näseln bei Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten-Patienten untersucht.

Ziel dieser klinisch prospektiven Studie war es, Patienten ohne den Hintergrund einer Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalte oder eines Syndroms zum einen im Hinblick auf objektiv feststellbare Veränderungen der nasalen Resonanz bzw. Nasalanz nach einer Dysgnathieoperation zu untersuchen. Zum anderen erfolgte die Analyse des Zusammenhangs zwischen möglichen Nasalanzveränderungen und der sagittalen bzw. vertikalen Kieferverlagerung im Ober- und Unterkiefer.

Somit umfasste diese Untersuchung 120 Patienten, die im Zeitraum von September 2007 bis Januar 2010 aufgrund einer mandibulären und/oder maxillären Dysgnathie kieferchirurgisch in der Abteilung für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Münster behandelt wurden.

Am Tag der stationären Aufnahme zur Umstellungsosteotomie (T1), sowie mindestens sechs Monate postoperativ (T2) am Tag der stationären Aufnahme zur Metallentfernung erfolgte die Ermittlung der Nasalanz aller Patienten mit dem NasalView® - System. Als geeignete Textvorlage wurde zur objektiven Nasalanzbestimmung mit dem NasalView® - Gerät eine modifizierte Version des Heidelberger Rhinophoniebogens verwendet. Anhand des KFO-Planungsbogens zum chirurgischen Eingriff eines jeden Patienten erfolgte die Ermittlung des Ausmaßes der vertikalen und sagittalen Kieferverlagerung einzelner Punkte im Ober- und Unterkiefer. Eine heterogene Gruppe von 17 Patienten wurde in der statistischen Analyse nicht berücksichtigt, so dass letztlich 103 Patienten in die statistische Datenauswertung eingeschlossen wurden. Es folgte die Gegenüberstellung einer Therapiegruppe mit reiner Unterkieferverlagerung (Mand-OP, n = 46) und jener mit bimaxillärer Verlagerung (Bi-Max-OP, n = 57).

Mittels der Statistik-Software SPSS für Windows wurde die anonymisierte Bearbeitung und statistische Auswertung aller Patientendaten und Messwerte durchgeführt.

Die Analyse der prä- und postoperativen Nasalanzmittelwerte der statistisch erfassten Patienten und auch der Vergleich der prä- und postoperativen Nasalanzmittelwerte der Bi-Max-OP-Gruppe zeigten nur wenige signifikante Unterschiede. Diese deuteten sowohl auf eine postoperative Nasalanzminderung, als auch auf eine Nasalanzsteigerung nach einer Dysgnathieoperation hin. Im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Untersuchung konnte ein deutlicher Trend der postoperativen Nasalanzveränderung jedoch ausgeschlossen werden.

Zur weiteren Analyse des Einflusses orthognather Chirurgie auf die nasale Resonanz erfolgte die vergleichende Betrachtung der Nasalanzmittelwerte der Bi-Max-OP-Gruppe und der Mand-OP-Gruppe. Auch in dieser Gegenüberstellung zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der postoperativen Nasalanzveränderung zwischen den Gruppen. Somit ließen sich auch keine Differenzen der Nasalanzveränderung in Abhängigkeit von der Kieferverlagerung (reine Unterkieferverlagerung vs. Kombination aus Ober- und Unterkieferverlagerung) feststellen.

Zu berücksichtigen ist, dass die Nasalanz während des Sprechens von unterschiedlichen Faktoren abhängt. Dazu zählen die Muttersprache, der Dialekt, die Rasse, das Geschlecht, das Alter, die verwendeten Sprachstimuli, die Hardware zur Nasalanzmessung, der Zahnersatz (falls vorhanden) und auch eine vorangegangene Adenektomie oder Tonsillektomie [15, 67, 92]. Infolgedessen kann im Zusammenhang mit den wenigen statistisch signifikanten Unterschieden dieser Studie vermutet werden, dass diese vielmehr zufällig, durch anatomische und individuelle Faktoren oder durch Ungenauigkeiten in der Messung und Auswertung entstanden sind, als dass sie klinisch begründet werden können.

Die nähere Betrachtung des Einflusses der Kieferverlagerung auf die Nasalanzveränderung zeigte jedoch, dass es mit zunehmender Hochverlagerung bzw. Impaktion des Oberkiefers zu einer größeren Veränderung der Nasalanz kam. Übereinstimmend mit den Erkenntnissen anderer Forschungsgruppen kann daraus geschlossen werden, dass eine Kranialverlagerung des Oberkiefers im Rahmen einer Le-Fort-I-Osteotomie durch Abstandsvergrößerung zwischen dem Velum und der

posterioren Pharynxwand zu einer Beeinträchtigung des velopharyngealen Abschlusses und der nasalen Resonanz führen kann [68, 91].

Eine sagittale Oberkieferverlagerung hatte dagegen keinen signifikanten Einfluss auf eine postoperative Nasalanzveränderung.

Es zeigte sich aber in der vorliegenden Untersuchung, dass sich die Höhe der präoperativen Nasalanz signifikant auf die postoperative Nasalanzveränderung auswirkte.

6 Literaturverzeichnis

1. Arnold W, Ganzer U (1997) Checkliste Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 2. Aufl.
2. Austermann KH (1998) Orthopädische Chirurgie der Dysgnathien. In: Horch HH (Hrsg.) Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie II, Praxis der Zahnheilkunde. Urban und Schwarzenberg, München, Bd 10/II, 3. Aufl.: 129-192
3. Awan SN (1997) Analysis of nasalance: NasalView. In: Ziegler W, Deger K (Hrsg.) Clinical Phonetics and Linguistics. Whurr-Publishers, London: 518-525
4. Awan SN (1998) NasalView-User`s Manuel, Version 4, Tiger DRS Inc., Seattle 1998-1999
5. Axhausen G (1934) Zur Behandlung veralteter dislozierter geheilter Oberkieferbrüche. Dtsch Zahn Mund Kieferheilk, 6: 582-586
6. Aziz SR (2004) Simon P. Hüllihen and the Origin of Orthognathic Surgery. J oral Maxillofac Surg, 62: 1303-1307
7. Becker W, Naumann HH, Pfaltz CR (1989) Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, 4. Aufl.
8. Bell WH (1975) Le fort I osteotomy for correction of maxillary deformities. J Oral Surg, 33 (6): 412-426
9. Böhme G (1983) Klinik der Sprach-, Sprech- und Stimmstörungen. Gustav Fischer, Stuttgart New York, Bd 2, 2. Aufl.
10. Böhme G (2003) Sprach-, Sprech-, Stimm- und Schluckstörungen, Klinik. Urban und Fischer, München Jena, Bd 1, 4. Aufl.

11. Bowers J, Tobey AE, Shaye R (1985) An acoustic-speech study of patients who received orthognathic surgery. *Am J Orthod*, 88 (5): 373-379
12. Brachvogel P (2003) Orthopädische Chirurgie. In: Hausamen JE, Becker J Neukam FW, Reichart PA, Schliephake H, Schmelzeisen R (Hrsg.) *Curriculum Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Chirurgie Bd III*. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin: 199-246
13. Bressmann T, Sader R, Merk M, Ziegler W, Busch R, Zeilhofer HF, Horch HH (1998) Perzeptive und apparative Untersuchung der Stimmqualität bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten. *Laryngo-Rhino-Otol.*, 77: 700-708
14. Bressmann T, Sader R, Awan SN, Busch R, Zeilhofer HF, Horch HH (1999) Quantitative Hypernasalitätsdiagnostik bei LKG-Patienten durch computerisierte Nasalanzmessung. *Mund Kiefer GesichtsChir*, 3 (1): 154-157
15. Bressmann T, Sader R, Whitehill TL, Awan SN, Zeilhofer HF, Horch HH (2000) Nasalance Distance and Ratio: Two New Measures. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 37 (3): 248-256
16. Bressmann T, Sader R (2000) Nasalität und Näseln. *Logos interdisziplinär*, 8 (1): 22-33
17. Chanchareonsook N, Samman N, Whitehill TL (2006) The Effect of Cranio-Maxillofacial Osteotomies and Distraction Osteogenesis on Speech and Velopharyngeal Status: A Critical Review. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 43 (4): 477- 487
18. Cheung LK, Chua HDP (2006) A meta-analysis of cleft maxillary osteotomy and distraction osteogenesis. *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, 35: 14-24

19. Chung CS, Niswander JD, Runck DW, Bilben SE, Kau MCW (1971) Genetic and Epidemiologic Studies of Oral Characteristics in Hawaii's Schoolchildren. II. Malocclusion. *Am J Hum Genet*, 23 (5): 471-495
20. Dalston RM, Vig PS (1984) Effects of orthognathic surgery on speech: A prospective study. *Am J Orthod*, 86 (4): 291-298
21. Dalston RM, Warren DW, Dalston ET (1991) Use of Nasometry as a Diagnostic Tool for Identifying Patients with Velopharyngeal Impairment. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 28 (2): 184-188
22. De Jongh M, Barnard D, Birnie D (1986) Sensory Nerve Morbidity Following Le fort I Osteotomy. *J Max-Fac Surg*, 14: 10-13
23. Drommer RB (1986) The History of the "Le Fort I Osteotomy". *J Max-Fac Surg*, 14: 119-122
24. Ehmer U (2000) Ätiologie und Pathogenese von Dysgnathien. In: Diedrich P (Hrsg.) *Kieferorthopädie I*. Urban und Fischer, München Jena, Bd 11/I, 4. Aufl.: 73-105
25. Ehmer U (2000) Klassifikation der kieferorthopädischen Befunde. In: Diedrich P (Hrsg.) *Kieferorthopädie I*. Urban und Fischer, München Jena, Bd 11/I, 4. Aufl.: 107-120
26. Epker BN, Wolford LM (1976) Middle-third facial osteotomies: their use in the correction of congenital dentofacial and craniofacial deformities. *J Oral Surg*, 34: 324-342
27. Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R (2003) *Waldeyer, Anatomie des Menschen*. Walter de Gruyter, Berlin New York, 17. Aufl.
28. Fletcher S (1970) Theory and Instrumentation for Quantitative Measurement of Nasality. *Cleft Palate J*, 7: 601-609

29. Fletcher S (1976) "Nasalance" vs. listeners judgements of nasality. *Cleft Palate J*, 13: 31-44
30. Franzen A (2001) Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde. Urban und Fischer, München Jena, 2. Aufl.
31. Friedrich G, Bigenzahn W (1995) Phoniatrie, Einführung in die medizinischen, psychologischen und linguistischen Grundlagen von Stimme und Sprache. Verlag Hans Huber, Bern Göttingen Toronto Seattle
32. Fritzell B (1969) The velopharyngeal muscles in speech. An electromyographic and cineradiographic study. *Acta Otolaryngol.*, (250): 1-81
33. Fuhrmann RAW (2002) Die kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung. In: Diedrich P (Hrsg.) PDZ Kieferorthopädie III. Urban und Fischer, München Jena, 4. Aufl., 102-136
34. Gattinger B, Obwegeser JA (2002) Chirurgische Kieferorthopädie und kraniofaziale Fehlbildungschirurgie. In: Schwenzler N Ehrenfeld M (Hrsg.) Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde II. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, Bd 2, 3. Aufl.: 235-273
35. Gildersleeve-Neumann CE, Dalston RM (2001) Nasalance Scores in Noncleft Individuals: Why Not Zero? *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 38 (2): 106-111
36. Göz G (2000) Rasche Gaumennahterweiterung. In: Diedrich P (Hrsg.) Kieferorthopädie II. Urban und Fischer, München Jena, Bd 11/II, 4. Aufl.: 271-279
37. Guyette TW, Polley JW, Figueroa A, Smith BE (2001) Changes in Speech Following Maxillary Distraction Osteogenesis. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 38 (3): 199-205

38. Haapanen ML, Kalland M , Heliövaara A, Hukki J, Ranta R (1997) Velopharyngeal function in cleft patients undergoing maxillary advancement. *Folia Phoniatr Logop*, 49 (1): 42-47

39. Harada K, Ishii Y, Ishii M, Imaizumi H, Mibu M, Omura K (2002) Effect of maxillary distraction osteogenesis on velopharyngeal function: A pilot study, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 93: 538-543

40. Hardin M, van Denmark D, Morris H, Payne M (1992) Correspondence between nasalance scores and listeners judgements of hypernasality and hyponasality. *Cleft Palate Craniofac J*, 29: 346-351

41. Harzer W (1999) *Lehrbuch der Kieferorthopädie*. Carl Gustav Verlag, München Wien

42. Heliövaara A, Ranta R, Hukki J, Haapanen ML (2002) Cephalometric pharyngeal changes after Le Fort I osteotomy in patients with unilateral cleft lip and palate. *Acta Odontol Scand*, 60: 141-145

43. Hirschberg J, Dejonckere PH, Hirano M, Miro K, Schulz-Coulon HJ, Vritcka K (1995) Voice disorders in children. *Int J Pediatr Otorhinolaryngology*, 32: 109-125

44. Hoffmeister B, Wangerin K (1995) Skelettale Stabilität nach bimaxillärer Chirurgie. In: Schwenzer N (Hrsg.) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, Bd 40: 57-63

45. Hoffmeister B (2007) Chirurgie der Dysgnathien. In: Horch HH (Hrsg.) *Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie*. Urban und Fischer, München Jena, Bd. 10, 4. Aufl.: 554-608

46. Jäger A, Flehsig G, Luhr HG (1995) Motivation und Erfahrungen von Patienten im Zusammenhang mit einer kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Kombinationstherapie. *Fortschr Kieferorthop*, 56 (5): 265-273

47. Jakhi SA, Karjodkar FR (1990) Use of cephalometry in diagnosing resonance disorders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 98 (4): 323-332
48. Janssen J, Laatz W (2010) *Statistische Datenanalyse mit SPSS*. Springer, Heidelberg Dordrecht London New York, 7. Aufl.
49. Janulewitz J, Costello BJ, Buckley MJ, Ford MD, Gassner R (2004) The Effects of Le Fort I Osteotomies on Velopharyngeal and Speech Functions in Cleft Patients. *J Oral Maxillofac Surg*, 62: 308-314
50. Joos U, Wermker K, Kruse-Lösler B, Kleinheinz J (2006) Influence of treatment concept, velopharyngoplasty, gender and age on hypernasality in patients with cleft lip, alveolus and palate. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, 34: 472- 477
51. Kahl-Nieke B (2001) *Einführung in die Kieferorthopädie*. Urban und Fischer, München Jena, 2. Aufl.
52. Klein C, Howaldt HP (1996) Die mandibuläre Distractionsosteogenese als Voraussetzung für eine frühzeitige Behandlung schwerer Dysgnathien im Kindesalter. *Fortschr Kieferorthop*, 57 (1): 46-54
53. Ko EW, Figueroa AA, Guyette TW, Polley JW, Law WR (1999) Velopharyngeal Changes After Maxillary Advancement in Cleft Patients with Distraction Osteogenesis Using a Rigid External Distraction Device: A 1-Year Cephalometric Follow-up. *The Journal Of Craniofacial Surgery*, 10 (4): 312-320
54. Körber E, Rotgans J, Schmelzle R (1994) *Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten für Mediziner*. Thieme, Stuttgart

55. Kummer AW, Strife JL, Grau WH, Creaghaed NA, Lee L (1989) The Effects of Le Fort Osteotomy I With Maxillary Movement on Articulation, Resonance and Velopharyngeal Function. *Cleft Palate Journal*, 26 (3): 193-199
56. Kummer AW, Curtis C, Wiggs M, Lee L, Strife JL (1992) Comparison of Velopharyngeal Gap Size in Patients with Hypernasality, Hypernasality and Nasal Emission, or Nasal Turbulence (Rustle) as the Primary Speech Characteristic. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 29 (2): 152-156
57. Kummer AW, Briggs M, Lee L (2003) The Relationship Between the Characteristics of Speech and Velopharyngeal Gap Size. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 40 (6): 590-596
58. Küttner C, Schönweiler R, Seeberger B, Dempf R, Lisson J, Ptok M (2003) Normal nasalance for the German language. Nasometric values for clinical use in patients with cleft lip and palate. *HNO*, 51: 151-156
59. Lewis KE, Watterson T (2003) Comparison of Nasalance Scores Obtained From the Nasometer and the NasalView. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 40 (1): 40-45
60. Li KK, Troell RJ, Riley RW, Powell NB, Koester U, Guilleminault C (2001) Uvulopalatopharyngoplasty, Maxillomandibular Advancement, and the Velopharynx. *Laryngoscope* 111: 1075-1078
61. Luhr HG, Jäger A (1995) Indikation, Technik und Ergebnisse der bimaxillären Chirurgie. In: Schwenzer N (Hrsg.) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichts-Chirurgie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, Bd 40: 20-32
62. Maegawa J, Sells RK, David DJ (1998) Speech Changes After Maxillary Advancement in 40 Cleft Lip and Palate Patients. *The Journal Of Craniofacial Surgery*, 9 (2): 177-182

63. Main A, Kelly S, Manley G (1999) Instrumental assessment and treatment of hypernasality, following maxillofacial surgery, using SNORS: a single case study. *Int J Lang Commun Disord*, 34 (2): 223-238
64. Mayo R, Floyd LA, Warren DW, Dalston RM, Mayo CM (1996) Nasalance and Nasal Area Values: Cross-Racial Study. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 33 (2): 143-149
65. Mc Carthy JG, Coccaro PJ, Schwartz MD (1979) Velopharyngeal function following maxillary advancement. *Plast Reconstr Surg*, 64 (2): 180-189
66. Moser K, Freihofer HPM (1980) Long-Term Experiences with Simultaneous Movement of the Upper and Lower Jaw. *J Max-Fac Surg*, 8: 271-277
67. Müller R, Beleites T, Hloucal U, Kühn M (2000) Objektive Messung der normalen Nasalanze im sächsischen Sprachraum. *HNO*, 48: 937-942
68. Müßig D, Pröschel U (2003) Die Qualität des velopharyngealen Abschlusses in Abhängigkeit von der Gesichtsmorphologie bei LKG-Patienten. *Fortschr Kieferorthop*, 54 (3): 101-107
69. Noell H (1999) *Profilveränderungen nach chirurgischer Therapie skelettaler Dysgnathien: Weichteilfolgeverhalten und Einfluss der Gewebsdicke.* Schöningh Verlag, Münster
70. Nohara K, Tachimura T, Wada T (2006) Prediction of Deterioration of Velopharyngeal Function Associated With Maxillary Advancement Using Electromyography of Levator Veli Palatini Muscle. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 43 (2): 174-177
71. Pepersack WJ, Chausse JM (1978) Long Term follow-up of the Sagittal Splitting Technique for Correction of Mandibula Prognathism. *J Max-Fac Surg*, 6: 117-140

72. Pereira V, Sell D, Ponniah A, Evans R, Dunaway D (2008) Midface Osteotomy Versus Distraction: The Effect on Speech, Nasality, and Velopharyngeal Function in Craniofacial Dysostosis. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 45 (4): 353-363

73. Philips JH, Klaiman P, Delorey R, MacDonald DB (2005) Predictors of Velopharyngeal Insufficiency in Cleft Palate Orthognathic Surgery. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 115 (3): 681-686

74. Poole MD, Robinson PP, Nunn ME (1986) Maxillary Advancement in Cleft Palate Patients. *J Max-Fac Surg*, 14 (3): 123-127

75. Reuther J (2000) Othognathic surgery: corrective bone operations. *Mund Kiefer GesichtsChir*, 4 (1): 237-248

76. Rosenbauer KA, Engelhardt, Koch H, Stüttgen U (1998) *Klinische Anatomie der Kopf- und Halsregion für Zahnmediziner*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York

77. Sailer HF, Haers PE (1995) Komplikationen bei bimaxillären chirurgischen Eingriffen. In: Schwenzer N (Hrsg.) *Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, Bd 40: 40-49

78. Satoh K, Nagata J, Shomura K, Wada T, Tashimura T, Fukuda J, Shiba R, (2004) Morphological Evaluation of Changes in Velopharyngeal Function Following Maxillary Distraction in Patients With Repaired Cleft Palate During Mixed Dentition. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 41(4): 355-361

79. Schamsawary S (2007) *Dysgnathien, Interdisziplinäre Therapiekonzepte von der Planung bis zur Operation*. Urban und Fischer, München

80. Schendel AS, Oeschlaeger M, Wolford LM Epker BN (1979) Velopharyngeal anatomy and maxillary advancement. *J Maxillofac Surg*, 7 (2): 116-124

81. Scheuer H, Höltje WJ, Hasund A (1995) Kieferorthopädische Vor- und Nachbehandlung bei bimaxillären Osteotomien. In: Schwenzer N (Hrsg.) Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, Bd 40: 11-20

82. Schwarz C, Gruner E (1976) Logopaedic Findings following Advancement of the Maxilla. J maxillo-fac Surg, 4: 40-55

83. Sell D, Ma L, James D, Mars M, Sheriff M (2002) A pilot study of the effects of transpalatal maxillary advancement on velopharyngeal closure in cleft palate patients. Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, 30: 349-354

84. Sergl HG, Zentner A (2000) Eugnathie und Dysgnathie In: Diedrich P (Hrsg.) Kieferorthopädie II. Urban und Fischer, München Jena, Bd 11/II, 4. Aufl.: 1-11

85. Smith JD (1987) Surgery of the mandible. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York

86. Stamm T (2000) Skript zur Vorlesung Kieferorthopädie I und II; Poliklinik für Kieferorthopädie des Universitätsklinikums Münster, Münster, 4. Aufl.

87. Steinhäuser EW, Palluck EF (1995) Weichteilvorhersage bei bimaxillären Operationen. In: Schwenzer N (Hrsg.) Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York, Bd 40: 50-57

88. Steinhäuser EW (2003) Rückblick auf die Entwicklung der Dysgnathiechirurgie und Ausblick. Mund Kiefer Gesichtschir, 7: 371-379

89. Stellzig A, Heppt W, Komposch G (1994) Das Nasometer. Ein Instrument zur Objektivierung der Hyperrhinophonie bei LKG-Patienten. Fortschr Kieferorthop, 55 (4): 176-180

90. Stellzig A, Komposch G (1994) Hyperrhinophonie und Gesichtsschädelaufbau, Kephalmetrische Analyse. *Fortschr Kieferorthop*, 55 (4): 181-185
91. Stellzig-Eisenhauer A (2001) The Influence of Cephalometric Parameters on Resonance of Speech in Cleft Lip and Palate Patients. *J Orofac Orthop*, 62: 202-223
92. Swennen GRJ, Grimaldi H, Upheber J, Kramer FJ, Dempf R (2004) Nasalance Measures in German-Speaking Cleft Patients. *J Craniofac Surg*, 15 (1): 158-164
93. Trauner R, Obwegeser H (1955) Zur Operationstechnik bei der Progenie und anderen Unterkieferanomalien. *Dtsch Zahn-Mund-Kieferhkd*, 23: 1-26
94. Trinidad IEK, Yamashita RP, Suguimoto RM, Mazzottini R, Trinidad AS (2003) Effects of Orthognathic Surgery on Speech and Breathing of Subjects With Cleft Lip and Palate: Acoustic and Aerodynamic Assessment. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 40 (1): 54-64
95. Vallino LD (1990) Speech, Velopharyngeal Function, and Hearing Before and After Orthognathic Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*, 48: 1274-1281
96. Van Lierde KM, Schepers S, Timmermans L, Verhoye I, Van Cauwenberge P (2005) The impact of mandibular advancement on articulation and voice characteristics in Flemish speaking adults: a pilot study. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 35 (2): 137-144
97. Viktor A, Linke S, Dallmann C (2007) *Crashkurs, Hals-, Nasen-, Ohren-Heilkunde*. Urban und Fischer, München Jena, 2. Aufl.
98. Vritcka K (1995) Normale und gestörte Nasalität. *ORL Highlights*, 2 (3): 12
99. Vritcka K (1995) Nasalität und Näseln. *ORL Highlights*, 2 (4): 8

100. Vritcka K (1995) Offenes Näseln. *ORL Highlights*, 2 (5): 14
101. Vritcka K (1995) Offenes und wechselndes Näseln. *ORL Highlights*, 2 (6): 12
102. Ward EC, McAuliffe M, Holmes SK, Lynham A, Monsour F (2002) Impact of malocclusion and orthognathic reconstruction surgery on resonance and articulatory function: an examination of variability in five cases. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 40: 410-417
103. Warren DW, Dalston RM, Mayo R, (1994) Hypernasality and Velopharyngeal Impairment. *Cleft Palate-Craniofacial Journal*, 31 (4): 257-262
104. Watted N, Bartsch A (2002) Esthetic Aspects of Orthodontic-Surgical Treatment of Sagittal-Vertikal Anomalies: The Example of the Short Face Syndrome. *J Orofac Orthop*, 63: 129-142
105. Watzke I, Turvey TA, Warren DW, Dalston R (1990) Alterations in Velopharyngeal Function after Maxillary Advancement in Cleft Palate Patients. *J Oral Maxillofac Surg*, 48: 685-689
106. Weiß C (2001) *Basiswissen Medizinische Statistik*. Springer, Berlin Heidelberg New York
107. Wermker K (2004) Eine klinische prospektive Studie zur objektiven Hypernasalitätsdiagnostik mit dem NasalView®-System bei Patienten mit Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, Münster: Med. Dissertation 2004
108. Wermker K, Beck M, Stamm T, Joos U, Kleinheinz J (2008) Influence of cephalometric parameters on nasalance. *J Cranio Maxillofac Surg*, 36 (1): 16

109. Wirth G (2000) Sprachstörungen, Sprechstörungen, kindliche Hörstörungen. Lehrbuch für Ärzte, Logopäden und Sprachheilpädagogen. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 5. Aufl.
110. Witzel MA, Munro IR (1977) Velopharyngeal insufficiency after maxillary advancement. Cleft Palate J, 14 (2): 176-180
111. Zemmann W, Feichtinger M, Santler G, Kärcher H (2006) Veränderung der Nasalanz nach Le Fort-I Osteotomie. Mund Kiefer GesichtsChir, 10: 221-228
112. Zemmann W, Schanbacher M, Feichtinger M, Linecker A, Kärcher H (2009) Dentoalveolar changes after surgically assisted maxillary expansion: a three-dimensional evaluation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 107 (1): 36-42

7 Lebenslauf

8 Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Johannes Kleinheinz danke ich für die Überlassung des Themas und die Unterstützung dieser Arbeit.

Mein Dank gilt auch Herrn Priv.-Doz. Dr. med. dent. Thomas Stamm für die Übernahme des Koreferats und die Begutachtung meiner Arbeit.

Im besonderen Maße möchte ich an dieser Stelle Herrn Dr. med. Dr. med. dent. Kai Wermker danken für die gewissenhafte und engagierte Betreuung, die wertvollen Hinweise und die konstruktiven Ratschläge während der gesamten Zeit der Erstellung dieser Arbeit.

Mein Dank gilt ferner Herrn Priv.-Doz. Dr. med. dent. Thomas Stamm für die Bereitstellung der kieferorthopädischen Daten dieser Untersuchung und dem Team der Station 14-B-Ost der Klinik für Mund- und Kiefer-Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Münster für die unterstützende Patientenbetreuung.

9 Anhang

9.1 Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Räumliche Darstellung der drei Ebenen des Gesichtsschädels: Frontalebene als Orbitalebene, Sagittalebene als Median-Sagittalebene, Horizontalebene als Frankfurter Horizontalebene [aus 45].
- Abbildung 2:** Die sagittale Spaltung des Unterkiefers: Die Entwicklungsschritte der Osteotomie nach Obwegeser bzw. Dal Pont [aus 45].
- Abbildung 3:** Schematische Darstellung einer sagittalen Osteotomie des Unterkiefers beidseits entsprechend der Methode nach Obwegeser-Dal Pont: Vorverlagerung [aus 45].
- Abbildung 4:** Die Le-Fort-I-Osteotomie: Vorverlagerung des Oberkiefers
a) seitliche Aufsicht, b) Darstellung der Osteotomieebenen im Vertikalschnitt, c) intraoperative Darstellung des Oberkiefers („Down-Fracture“), d) Darstellung des Oberkiefers in verlagerter Position mit Fixation über Osteosyntheseplatten [aus 45].
- Abbildung 5:** Schematische Darstellung der velopharyngealen Muskulatur (nach Fritzell 1969). Die Pfeile symbolisieren die Einwirkungsrichtung [aus 32]. 1. M. tensor veli palatini, 2. M. levator veli palatini, 3. M. palatoglossus, 4. M. palatopharyngeus, 5. M. constrictor pharyngeus superior
- Abbildung 6:** Schematische Übersicht über die Einteilung der Resonanzstörungen: A Hypernasalität, B Hyponasalität, abhängig vom Passagehindernis: posteriore und anteriore Verlegung, C Cul-de-Sac-Resonanz [aus 16].
- Abbildung 7:** Prä- und postoperativer velopharyngealer Abschluss: Schematische Darstellung bei Spalt- bzw. Nichtspaltpatienten. Nichtspaltpatienten: a) Suffizienter postoperativer Abschluss des Velums b) Insuffizienter postoperativer Abschluss des Velums [aus 82].

- Abbildung 8:** Verwendete Testitems in Anlehnung an den Heidelberger Rhinophoniebogen
- Abbildung 9:** Hardwarekomponenten des NasalView® - Systems [aus 4]
- Abbildung 10:** Schematische Darstellung des Aufbaus des NasalView® - Systems [aus 4]
- Abbildung 11:** Screenshot des NasalView®: Oszillogramme der nasalen (rote Kurve) und oralen (blaue Kurve) Schalldruckkurve. Die Nasalanz-Kurve (oben) und die dazu berechneten statistischen Werte (rechter Bildteil): Mittelwert (Ave), Standardabweichung (SD), maximaler (Max.) und minimaler (Min.) Wert.
- Abbildung 12:** Datenerhebungsbogen
- Abbildung 13:** KFO-Planungsbogen
- Abbildung 14:** Streupunktdiagramm: Regressionsgerade zum Regressionsmodell: Veränderung der Nasalanz „Papagei“ (x) und maximale OK-Verlagerung vertikal (y).
Linearer Funktionsgraph
- Abbildung 15:** Streupunktdiagramm: Regressionsgerade zum Regressionsmodell: Veränderung der Nasalanz „Papagei“ (x) und maximale OK-Verlagerung vertikal (y).
Kubischer Funktionsgraph
- Abbildung 16:** Streupunktdiagramm: Regressionsgerade zum Regressionsmodell: Veränderung der „Nasalance Distance“ (x) und maximale OK-Verlagerung vertikal (y). Linearer Funktionsgraph

9.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Präoperative Diagnose des untersuchten Patientenkollektivs
Tabelle 2:	Zusatzdiagnosen des untersuchten Patientenkollektivs
Tabelle 3:	Typ der durchgeführten Dysgnathieoperation
Tabelle 4:	Kreuztabelle: Häufigkeitsverteilung des Geschlechts und des OP-Typs
Tabelle 5:	Kreuztabelle: Häufigkeitsverteilung bezogen auf den Kiefer und die Verlagerungsrichtung
Tabelle 6:	Ausmaß der Verlagerung im Oberkiefer in mm
Tabelle 7:	Ausmaß der Verlagerung im Unterkiefer in mm
Tabelle 8:	Mittelwertunterschiede der prä- und postoperativen Nasalanzmessung aller Patienten. T-Test für 2 abhängige Stichproben. Mittelwerte in %
Tabelle 9:	Mittelwertunterschiede der prä- und postoperativen Nasalanzmessung der Bi-Max-OP-Gruppe. Nicht-parametrischer Wilcoxon-Rangsummentests. Mittelwerte in %.
Tabelle 10:	Mittelwertunterschiede der präoperativen Nasalanzmessung. T-Test für 2 unabhängige Stichproben. Mittelwerte in %
Tabelle 11:	Mittelwertunterschiede der postoperativen Nasalanzmessung beider Gruppen. T-Test für 2 unabhängige Stichproben. Mittelwerte in %
Tabelle 12:	Mittelwertunterschiede der Nasalanzveränderung beider Gruppen. T-Test für 2 unabhängige Stichproben. Mittelwerte in %
Tabelle 13:	Lineare multiple Regressionsanalyse: Einfluss des präop Nasalanzwertes (y^1), der max. OK-Verlagerung vertikal (y^2) und der max. OK-Verlagerung sagittal (y^3) (unabhängige Variablen) auf die Nasalanzveränderung (x) (abhängige Variable)
Tabelle 14:	Korrelationsanalyse nach Pearson: Der Zusammenhang zwischen der Veränderung der Nasalanz eines jeweiligen Wortes bzw. Satzes und der maximalen OK- bzw. UK-Verlagerung in vertikaler bzw. sagittaler Richtung. Korrelationskoeffizient (r)

9.3 Erfasste Variablen und deren Definition

I. Patientendaten

Variablen	Bedeutung/Wertelabels
SUB-ID	Identifikationsnummer des Patienten
GEB-DAT	Geburtsdatum des Patienten
GESCH	Geschlecht des Patienten
	m = männlich
	f = weiblich
MANDYS	Dysgnathieform Unterkiefer
	0= keine mandibuläre Dysgnathie
	1= mandibuläre Retrognathie
	2= mandibuläre Prognathie
MAXDYS	Dysgnathieform Oberkiefer
	3= keine maxilläre Dysgnathie
	4= maxilläre Retrognathie
	5= maxilläre Prognathie
	6= transversaler Engstand
DIAG-Z	Zusatzdiagnosen
	0= keine weiteren Diagnosen
	1= (Z.n.) LKG-Spalte, Pierre-Robin-Syndrom
	2= Crouzon-Syndrom
	3= Apert-Syndrom
	4= sonstiges Syndrom

II. Daten der Dysgnathieoperation

Variablen	Bedeutung/Wertelabels
OP-DAT	Datum der Dysgnathie-OP
OP-AGE	Alter des Patienten zum OP-Zeitpunkt
OP-TYP	Art der Operation
	0= reine UK-Verlagerung
	1= reine OK-Verlagerung
	2= bimaxilläre OP: UK- und OK-Verlagerung
	3= reine UK-Distraktion
	4= reine OK-Distraktion
	5= bimaxilläre OP: OK-Distraktion und UK-Verlagerung
	6= bimaxilläre OP: OK-Verlagerung und UK-Distraktion
	7= bimaxilläre OP: OK- und UK-Distraktion
8= GNE/TPD	

III. Daten der Verlagerungsstrecken

Variablen	Bedeutung/Wertelabels (Strecke in mm)
VOK-VR6	vertikales Ausmaß der OK-Verlagerung 6er rechts
VOK-VR3	vertikales Ausmaß der OK-Verlagerung 3er rechts
VOK-VM	vertikales Ausmaß der OK-Verlagerung Mitte
VOK-VL3	vertikales Ausmaß der OK-Verlagerung 3er links
VOK-VL6	vertikales Ausmaß der OK-Verlagerung 6er links
VOK-VT	OP-Typ: OK-Verlagerung vertikal
VOK-SR6	sagittales Ausmaß der OK-Verlagerung 6er rechts
VOK-SR3	sagittales Ausmaß der OK-Verlagerung 3er rechts
VOK-SM	sagittales Ausmaß der OK-Verlagerung Mitte
VOK-SL3	sagittales Ausmaß der OK-Verlagerung 3er links
VOK-SL6	sagittales Ausmaß der OK-Verlagerung 6er links
VOK-ST	OP-Typ: OK-Verlagerung sagittal
VUK-VR6	vertikales Ausmaß der UK-Verlagerung 6er rechts
VUK-VR3	vertikales Ausmaß der UK-Verlagerung 3er rechts
VUK-VM	vertikales Ausmaß der UK-Verlagerung Mitte
VUK-VL3	vertikales Ausmaß der UK-Verlagerung 3er links
VUK-VL6	vertikales Ausmaß der UK-Verlagerung 6er links
VUK-VT	OP-Typ: UK-Verlagerung vertikal
VUK-SR6	sagittales Ausmaß der UK-Verlagerung 6er rechts
VUK-SR3	sagittales Ausmaß der UK-Verlagerung 3er rechts
VUK-M	sagittales Ausmaß der UK-Verlagerung Mitte
VUK-SL3	sagittales Ausmaß der UK-Verlagerung 3er links
VUK-SL6	sagittales Ausmaß der UK-Verlagerung 6er links
VUK-ST	OP-Typ: OK-Verlagerung sagittal

Variablen	Bedeutung/Wertelabels (Strecke in mm)
UK-ARR6	Mandibula Autorotation 6er rechts
UK-ARR3	Mandibula Autorotation 3er rechts
UK-ARM	Mandibula Autorotation Mitte
UK-ARL3	Mandibula Autorotation 3er links
UK-ARL6	Mandibula Autorotation 6er rechts
OK-MITT	Ausmaß der OK-Mittenschiebung (Schwenkung)
UK-MITT	Ausmaß der UK-Mittenschiebung (Schwenkung)

IV. Daten der präoperativen Nasalanzmessung

Variablen	Bedeutung/Ave.-Wert (%)
NVDAT-1	Datum der präoperativen Nasalanzmessung
NVAGE-1	Patientenalter zum Zeitpunkt der präoperativen Messung
B1-1	präop Messwert Buchstabe „a“
B2-1	präop Messwert Buchstabe „i“
B3-1	präop Messwert Buchstabe „u“
B4-1	präop Messwert Buchstabe „o“
B5-1	präop Messwert Buchstabe „p“
B6-1	präop Messwert Buchstabe „t“
B7-1	präop Messwert Buchstabe „k“
B8-1	präop Messwert Buchstabe „sch“
W1-1	präop Messwert Wort „Ampel“
W2-1	präop Messwert Wort „Lampe“
W3-1	präop Messwert Wort „Papagei“
W4-1	präop Messwert Wort „Teetasse“
W5-1	präop Messwert Wort „Kakao“
W6-1	präop Messwert Wort „gut“
W7-1	präop Messwert Wort „Zug“

Variablen	Bedeutung/Ave.-Wert (%)
NNS1M1-1	präop Messwert 1 nichtnasaler Satz 1: „Peter spielt auf der Straße“
NNS1M2-1	präop Messwert 2 nichtnasaler Satz 1
NNS1-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 1 (arithmetischer Mittelwert)
NNS2M1-1	präop Messwert 1 nichtnasaler Satz2: „Der Peter trinkt die Tasse Kakao“
NNS2M2-1	präop Messwert 2 nichtnasaler Satz 2
NNS2-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 2 (arithmetischer Mittelwert)
NNS3-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 3: „Das Pferd steht auf der Weide“
NNS4-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 4: „Die Schokolade ist sehr lecker“
NNS5-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 5: „Die Klara hält die Tasse Kaffee“
NNS6-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 6: „Der Affe fährt Fahrrad“
NNS7-1	präop Messwert nichtnasaler Satz 7: „Ich esse die salzige Suppe“
NS1M1-1	präop Messwert 1 nasaler Satz 1: „Nenne meine Mama Mimi“
NS1M2-1	präop Messwert 2 nasaler Satz 1
NS1-1	präop Messwert nasaler Satz 1 (arithmetischer Mittelwert)
NS2M1-1	präop Messwert 1 nasaler Satz2: „Mama und Nina naschen Marmelade“
NS2M2-1	präop Messwert 2 nasaler Satz 2
NS2-1	präop Messwert nasaler Satz 2 (arithmetischer Mittelwert)
NS3M1-1	präop Messwert 1 nasaler Satz 3: „Die Mama trinkt die Milch“
NS3M2-1	präop Messwert 2 nasaler Satz 3
NS3-1	präop Messwert nasaler Satz 3 (arithmetischer Mittelwert)
NRATIO-1	präop Nasalance Ratio: $NNS1-1 / NS1-1$ (nichtnasal/nasal)
NDIST-1	präop Nasalance Distance: $NS1-1 - NNS1-1$ (nasal-nichtnasal)

V. **Daten der postoperativen Nasalanzmessung**

Variablen	Bedeutung/Ave.-Wert (%)
NVDAT-2	Datum der postoperativen Nasalanz Messung
NVAGE-2	Patientenalter zum Zeitpunkt der postoperativen Messung
B1-2	postop Messwert Buchstabe „a“
B2-2	postop Messwert Buchstabe „i“
B3-2	postop Messwert Buchstabe „u“
B4-2	postop Messwert Buchstabe „o“
B5-2	postop Messwert Buchstabe „p“
B6-2	postop Messwert Buchstabe „t“
B7-2	postop Messwert Buchstabe „k“
B8-2	postop Messwert Buchstabe „sch“
W1-2	postop Messwert Wort „Ampel“
W2-2	postop Messwert Wort „Lampe“
W3-2	postop Messwert Wort „Papagei“
W4-2	postop Messwert Wort „Teetasse“
W5-2	postop Messwert Wort „Kakao“
W6-2	postop Messwert Wort „gut“
W7-2	postop Messwert Wort „Zug“

Variablen	Bedeutung/Ave.-Wert (%)
NNS1M1-2	postop Messwert 1 nichtnasaler Satz 1: „Peter spielt auf der Straße“
NNS1M2-2	postop Messwert 2 nichtnasaler Satz 1
NNS1-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 1 (arithmetischer Mittelwert)
NNS2M1-2	postop Messwert1 nichtnasaler Satz2:„Der Peter trinkt die Tasse Kakao“
NNS2M2-2	postop Messwert 2 nichtnasaler Satz 2
NNS2-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 2 (arithmetischer Mittelwert)
NNS3-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 3: „Das Pferd steht auf der Weide“
NNS4-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 4: „Die Schokolade ist sehr lecker“
NNS5-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 5: „Die Klara hält die Tasse Kaffee“
NNS6-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 6: „Der Affe fährt Fahrrad“
NNS7-2	postop Messwert nichtnasaler Satz 7: „Ich esse die salzige Suppe“
NS1M1-2	postop Messwert 1 nasaler Satz 1: „Nenne meine Mama Mimi“
NS1M2-2	postop Messwert 2 nasaler Satz 1
NS1-2	postop Messwert nasaler Satz 1 (arithmetischer Mittelwert)
NS2M1-2	postop Messwert 1 nasaler Satz2:„Mama und Nina naschen Marmelade“
NS2M2-2	postop Messwert 2 nasaler Satz 2
NS2-2	postop Messwert nasaler Satz 2 (arithmetischer Mittelwert)
NS3M1-2	postop Messwert 1 nasaler Satz 3: „Die Mama trinkt die Milch“
NS3M2-2	postop Messwert 2 nasaler Satz 3
NS3-2	postop Messwert nasaler Satz 3 (arithmetischer Mittelwert)
NRATIO-2	postop Nasalance Ratio: NNS1-1/NS1-1 (nichtnasal/nasal)
NDIST-2	postop Nasalance Distance: NS1-1 – NNS1-1 (nasal-nichtnasal)

VI. Differenzen der Nasalanzmessung präoperativ/postoperativ

Variablen	Bedeutung/Ave.-Wert (%)
B1-D	Differenz Buchstabe „a“
B2-D	Differenz Buchstabe „i“
B3-D	Differenz Buchstabe „u“
B4-D	Differenz Buchstabe „o“
B5-D	Differenz Buchstabe „p“
B6-D	Differenz Buchstabe „t“
B7-D	Differenz Buchstabe „k“
B8-D	Differenz Buchstabe „sch“
W1-D	Differenz Wort „Ampel“
W2-D	Differenz Wort „Lampe“
W3-D	Differenz Wort „Papagei“
W4-D	Differenz Wort „Teetasse“
W5-D	Differenz Wort „Kakao“
W6-D	Differenz Wort „gut“
W7-D	Differenz Wort „Zug“

Variablen	Bedeutung/Ave.-Wert (%)
NNS1-D	Differenz nichtnasaler Satz 1: „Peter spielt auf der Straße“
NNS2-D	Differenz nichtnasaler Satz 2: „Der Peter trinkt die Tasse Kakao“
NNS3-D	Differenz nichtnasaler Satz 3: „Das Pferd steht auf der Weide“
NNS4-D	Differenz nichtnasaler Satz 4: „Die Schokolade ist sehr lecker“
NNS5-D	Differenz nichtnasaler Satz 5: „Die Klara hält die Tasse Kaffee“
NNS6-D	Differenz nichtnasaler Satz 6: „Der Affe fährt Fahrrad“
NNS7-D	Differenz nichtnasaler Satz 7: „Ich esse die salzige Suppe“
NS1-D	Differenz nasaler Satz 1: „Nenne meine Mama Mimi“
NS2-D	Differenz nasaler Satz 2: „Mama und Nina naschen Marmelade“
NS3-D	Differenz nasaler Satz 3: „Die Mama trinkt die Milch“
NRATIO-D	Differenz der Nasalance Ratio
NDIST-D	Differenz der Nasalance Distance