

**Die Weichteilanalyse nach Rob Mulié als  
maßgebliche Grundlage einer suffizienten  
Modelloperation in der Dysgnathiechirurgie**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin des  
Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Nowak, Yannick Marcel

aus Mosbach

Gießen 2020

Aus dem Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,  
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Leiter:

Professor Dr. med. Dr. med. dent. H. P. Howaldt  
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Dr. H. P. Howaldt

Gutachter: Prof. Dr. S. Ruf

Tag der Disputation: 02.12.2019

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	3
1.1	Fragestellung.....	8
2	Methodik.....	9
2.1	Erstellung einer Dysgnathie-Datenbank .....	9
2.2	Präoperative Planung.....	9
2.2.1	Modelloperation mit dem 3D-OSS-Artikulator .....	10
2.2.2	Ablauf der Modelloperation in Gießen .....	12
2.2.3	Standardisierte Fotodokumentation.....	13
2.2.4	Weichteilanalyse nach Rob Mulié.....	17
2.3	Statistische Methoden.....	27
3	Ergebnisse .....	29
3.1	Alters- und Geschlechtsverteilung .....	29
3.2	Verteilung der Angle-Klassen .....	30
3.3	Verteilung der operierten Kiefer .....	31
3.4	Manuelle Analyse (Goldstandard).....	31
3.4.1	Prä- zu postoperativem Vergleich der fazialen Harmonie .....	31
3.4.2	Vergleich der beeinflussenden Parameter.....	36
3.4.3	Prä- zu postoperativem Vergleich der Nasenrückeninklination (NRI) .....	40
3.5	Digitale Analyse.....	42
3.5.1	Prä- zu postoperativem Vergleich der fazialen Harmonie .....	42
3.5.2	Vergleich der beeinflussenden Parameter.....	44
3.5.3	Prä- zu postoperativem Vergleich der Nasenrückeninklination (NRI) .....	47
3.6	Vergleich der Messmethoden (manuell – digital).....	49
4	Diskussion.....	54
4.1	Reproduzierbarkeit und Fehlerquellen der Messungen .....	54
4.2	Vergleichbare Analysen und Motivation für die Rob Mulié-Analyse .....	55
4.3	Erörterung der Ergebnisse und Bedeutung für den klinischen Einsatz.....	58
4.4	Datenpool als Grundlage für weitere Studien .....	60

4.5	Ausblick .....	61
5	Schlussfolgerungen .....	63
6	Zusammenfassung .....	64
7	Summary.....	67
	Abkürzungsverzeichnis .....	69
	Abbildungsverzeichnis .....	70
	Tabellenverzeichnis.....	71
	Literaturverzeichnis .....	72
	Kongressbeiträge .....	84
	Erklärung zur Dissertation.....	85
	Danksagung .....	86

# 1 Einleitung

*„Beauty is in the eye of the Beholder.“*

– Margaret Wolfe Hungerford

Das ästhetische Erscheinungsbild ist im Zeitalter der sozialen Medien und der voranschreitenden Digitalisierung für die Menschen immer wichtiger geworden. Demnach gilt heutzutage die Ästhetik auch als eine der Hauptbeweggründe, warum sich Patienten, die an Kieferfehlstellungen oder Gesichtsasymmetrien leiden, für eine Kieferumstellungsoperation entscheiden [36], [59], [66], [117]. Betrachtet man diesen ausgewählten Patientenkreis, bei dem sogenannte „Dysgnathien“ (gr. dys = miss-, fehl-; gnathos = Kiefer), also Kieferfehlbildungen auftreten, so muss man zwischen angeborenen und erworbenen Abweichungen (Anomalien) der Zahnstellungen sowie zwischen Abweichungen der Stellung der Kiefer untereinander und deren Position zur Schädelbasis unterscheiden. Bei den betroffenen Patienten resultieren aus diesen Anomalien häufig mehr oder minder starke ästhetische, aber vor allem auch funktionelle Beeinträchtigungen. Diese lassen sich als rein dentoalveoläre, respektive rein skelettale Anomalien, meist jedoch als Kombination aus dentoalveolärer und skelettaler Anomalie charakterisieren. Zur Einteilung der verschiedenen Konstellationen haben sich einige spezifische Klassifikationen über die Jahre hinweg durchgesetzt. Eine der wichtigsten und bereits seit Anfang des letzten Jahrhunderts etablierten klassischen Einteilungen der dentoalveolären und skelettalen Zahnfehlstellungen ist die Angle-Klassifikation [2]. Diese Klassifikation charakterisiert die Fehlstellungen in der sagittalen Relation. ANGLE verglich die jeweilige Position des Unterkiefers in Abhängigkeit zur Position des 6-Jahrmolaren im Oberkiefer. Es ergeben sich somit in der sagittalen Relation drei Varianten der Positionierung des Unterkiefers: Die Distal-, Neutral-, und Mesialbisslage. Bei der Distalbisslage greift der Oberkiefer-6-Jahrmolar mit seinem mesiobukkalen Höcker nicht in die zentrale Fissur des Unterkiefermolaren, sondern mehr oder minder weit mesial. Das heißt der Unterkiefer steht zu weit dorsal. Bei einer Mesialbisslage steht im Umkehrschluss der Unterkiefer im Verhältnis zum Oberkiefer zu weit ventral (vgl. Abbildung 1-1).

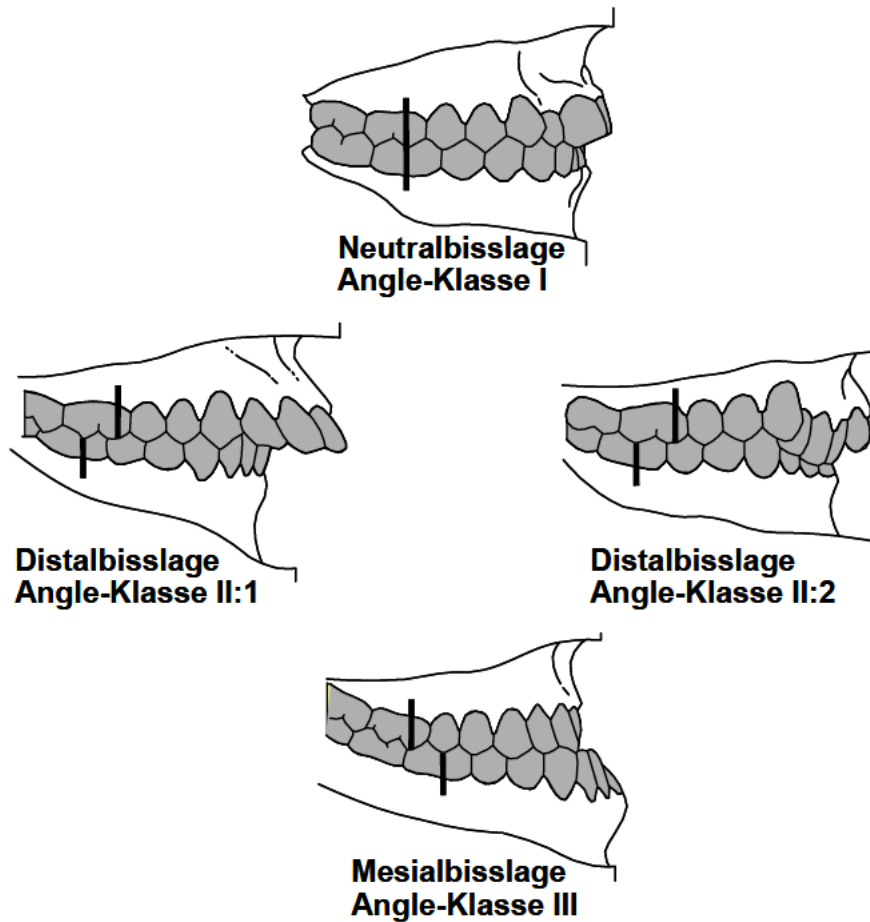


Abbildung 1-1: Bisslage nach Angle (Quelle: Kommentar zum Befundbericht und Behandlungsplan, Poliklinik für Kieferorthopädie JLU-Gießen, 2006)

In Bezug auf die skelettalen Verhältnisse spricht man von Pro- beziehungsweise Retrognathie des jeweils betroffenen Kiefers. Wenn der Unterkiefer im Verhältnis zum Oberkiefer also zu weit dorsal liegt, bezeichnet man dies als sogenannte mandibuläre Retrognathie. Des Weiteren werden transversale und vertikale Fehlstellungen unterschieden. In der transversalen Relation unterscheidet man Engstände im Ober- und Unterkiefer, sowie Laterognathien des Unterkiefers, welche meist mit einem Kreuzbiss einhergehen. Hierdurch ist in manchen Fällen zunächst eine vorangehende chirurgische transversale Erweiterung des Oberkiefers notwendig. In der vertikalen Relation gibt es isolierte, wie auch kombinierte frontal und seitlich offene Bisse. Bei manchen Patienten kommt es sogar zu sogenannten Gesichtsskoliosen, welche häufig durch ein einseitig vermehrtes oder vermindertes sagittales Wachstum in der Kiefergelenksregion hervorgerufen werden. Während die meisten rein dentoalveolären Fehlstellungen in der

Regel bereits im Wachstum und daher eher konservativ im Sinne einer kieferorthopädischen Behandlung mittels festsitzenden und herausnehmbaren Apparaturen behandelt werden können, gibt es bei den skelettalen Anomalien als konservative Therapie einen eingeschränkten Spielraum. In vielen Fällen gelingt es jedoch, das Wachstum mit Hilfe von funktionellen kieferorthopädischen Geräten (z.B. Aktivator) und festsitzenden Apparaturen (z.B. Herbst-Scharnier) positiv zu beeinflussen. Sind die skelettalen Abweichungen jedoch zu stark ausgeprägt, hilft meist nur eine interdisziplinäre kieferorthopädisch-chirurgische Therapie, um vorhandene Fehlstellungen zu korrigieren. Hierbei findet paradoxerweise zunächst eine sogenannte kieferorthopädische Dekompensation der Zahnfehlstellungen statt, welche häufig mit einer Verschlechterung des ästhetischen Gesamteindrucks einhergeht. Durch diese Dekompensation der Zahnfehlstellung wird jedoch erst die anschließende chirurgische Intervention und damit idealerweise die Einstellung der Kiefer in Normokklusion ermöglicht. Die Umstellungsoperation sollte in der Regel nach abgeschlossenem Wachstum erfolgen, um eventuelle wachstumsbedingte Veränderungen des operativen Ergebnisses zu vermeiden und um Rezidiven vorzubeugen [32], [118]. Im Anschluss an die Kieferumstellungsoperation ist meist noch eine kieferorthopädische Feineinstellung notwendig, um ein ideales Ergebnis erzielen zu können. In einigen Fällen ist es zudem notwendig eine Kinnplastik durchzuführen.

Bei Dysgnathieoperationen handelt es sich im Allgemeinen um elektive, das heißt frei wählbare Eingriffe, für welche eine strenge Indikationsstellung herrscht. Die Entscheidung für oder gegen eine Operation hängt von funktionellen und ästhetischen Faktoren ab. Es sind zum einen Beeinträchtigungen der Kau- und Sprachfunktion, zum anderen Dysfunktionen der Kiefergelenke oder Beeinträchtigungen der Atmung und der Ästhetik, welche die Patienten dazu bewegen, diese schwerwiegende und wohlüberlegte Entscheidung zu treffen. Daher ist es unabdingbar, präoperativ einen Konsens zwischen den Zielvorstellungen des Patienten und des real umsetzbaren Ergebnisses zu finden. Gelingt dies nicht, so ist aus ärztlicher Sicht dem Patienten von einem chirurgischen Eingriff abzuraten. Das primäre Ziel der chirurgischen Therapie lautet, durch gezielte Osteotomien und Verlagerungen der skelettalen Strukturen, eine für den jeweiligen Patienten bestmögliche Okklusion und Artikulation zu erreichen [36], [89], [98]. Neben der kaufunktionellen Rehabilitation wünscht sich der Behandler, wie auch der Patient eine Harmonisierung des Gesichtsprofils und der Gesichtsästhetik [43], [52]. Laut einigen Autoren wie z.B. SUBTELNY, wird durch eine Einstellung der Zähne in Normokklusion nicht zwangsläufig auch eine Harmonisierung der Weichgewebsstrukturen erreicht [73], [112], [119]. Das heißt, die Verlagerung der Weichteile folgt nicht eins zu eins den

verlagerten, skelettalen Strukturen. Es liegt also in der Verantwortung eines jeden Chirurgen, einen individuellen Kompromiss zwischen optimaler Funktion und den entsprechenden ästhetischen Gesichtspunkten zu finden. Um dies zu gewährleisten, ist stets eine exakte individuelle Planung und Erstellung einer zuverlässigen Profilprognose notwendig. Im heutigen „digitalen Zeitalter“ gibt es viele Möglichkeiten, dem Patienten präoperativ eine computerbasierte Vorhersage und Visualisierung des postoperativen, idealisierten Ergebnisses zu liefern. Man muss jedoch immer bedenken, dass dies nur eine computergestützte Prognose anhand von vielen ermittelten Durchschnittswerten ist und nicht unbedingt mit dem tatsächlichen Ergebnis übereinstimmen muss [52]. Solch idealisierte Profilverhersagen sollten mit Vorsicht betrachtet werden, damit bei sensiblen Patienten nicht eine überzogene Erwartungshaltung, respektive nicht umsetzbare Wunschvorstellung erzeugt wird [94]. Laut SKINAZI und einigen anderen Autoren hängt der Erfolg einer solchen Behandlung für den Patienten nämlich maßgeblich vom äußeren Erscheinungsbild ab [12], [38], [104]. EHRENFELD geht sogar so weit, dass er in der Gesichtsästhetik den „Hauptbeweggrund“ der Patienten bei der Entscheidung für eine Operation sieht [36].

Will man eine „Harmonisierung des Gesichtsprofils“ erreichen, so muss zunächst festgelegt werden, durch welche spezifischen Eigenschaften ein harmonisches Gesicht charakterisiert ist [6]. Bereits LEONARDO DA VINCI und ALBRECHT DÜRER haben sich mit menschlichen Proportionen und deren Harmonie befasst [26]. EHRENFELD erwähnt, dass sich das europäische Schönheitsempfinden an den grundlegenden Arbeiten dieser beiden Autoren orientiert [36]. CANUT legt in seiner Arbeit von 1995 dar, dass die „Schönheit des menschlichen Gesichtes“ von einer Ausgewogenheit der drei hervortretenden Gesichtsmerkmale Nase, Lippe und Kinn abhängt [20]. Auch REUTHER bezeichnet diese Merkmale als „faziale Ästhetiktriade“ und gibt ihnen damit eine entscheidende Bedeutung bei der Gesichtsanalyse [89].

Zur Beschreibung und Vermessung der Gesichtsweichteile wurden verschiedene Methoden entwickelt, getestet und etabliert [14], [15], [17], [50], [61], [83], [88], [113]. Im Laufe der Jahre gewannen zur Vermessung der Dysgnathien die Weichteilanalysen mit Hilfe von Fotografien neben den etablierten und wissenschaftlich untermauerten kephalometrischen Analysen mehr und mehr an Bedeutung [4], [81]. Die ersten Beschreibungen und Analysen an Profilaufnahmen von Patienten finden sich in den Arbeiten von HAUTVAST [45] und STONER [111]. Eine eher statische Analyse beschreibt 1974 PANOFSKY, wohingegen RUDZKI-JANSON und SKINAZI ihren Hauptaugenmerk in deren Arbeiten auf dynamisch geprägte Analysen der Nase, beziehungsweise der Nase,



der Lippe und des Kinns legten [85], [94], [104]. Hierdurch wird dem heutigen sehr hohen ästhetischen Anspruch der Patienten Rechnung getragen.

Für die vertikale Einteilung des Gesichtes wird in der Literatur am häufigsten eine Dreiteilung verwendet [25], [29], [97], [100], [107]. Eine weitere Unterteilung findet in Bezug auf den orofazialen- zum frontalen Komplex im Verhältnis 1:2 beziehungsweise 1:3 statt. Diese Einteilung stammt bereits aus der Renaissance [36]. FARKAS stellte jedoch 1984 in seiner Studie fest, dass in nur etwa 22% der Fälle ein 1:2 Verhältnis und in nur 8% der Fälle ein 1:3 Verhältnis vorliegt [31]. Die übrigen 70% der Fälle spiegeln die interindividuelle Variabilität der Menschen wieder. In der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Gießen hat sich als entscheidende und aussagekräftigste proportionale Einteilung der Gesichtsteile diejenige etabliert, welche nach RIJNKO BRONS auf dem „goldenen Schnitt“ basiert [16]. Durch den goldenen Schnitt wird eine Strecke im Verhältnis 0,62 zu 0,38 geteilt. Dabei verhält sich der kleinere Teil der Strecke zum größeren Teil, wie der große Teil zur gesamten Strecke. Aus diesem Verhältnis hat sich die „Weichteilanalyse nach Rob Mulié“ entwickelt. Diese Weichteilanalyse hat sich in der Gießener Universitätsklinik zur Beurteilung und Vermessung von Kieferfehlstellungen nun seit mehr als 12 Jahren bewährt und hat immer eine sehr gute Hilfestellung bei der Operationsplanung geliefert. Sie bildet die Grundlage der folgenden Studie.

Um den universitären Standard und ein Fortbestehen der bisher erreichten Qualität zu gewährleisten, ist eine ständige Überprüfung der etablierten Therapien und eine eventuelle Fehlererfassung, Abschätzung vermeidbarer Risiken und Verbesserung der Therapie im modernen klinischen Alltag unabdingbar [65], [92].

## 1.1 Fragestellung

Mit Hilfe dieser Arbeit soll überprüft werden, ob es durch die aufwendige präoperative Planung unter Berücksichtigung der umfangreichen Weichteilanalyse nach Rob Mulié möglich ist, die Patienten neben der Normalisierung der Bisslage, in die nach Rob Mulié definierten Normwertekorridore zu überführen und somit ein optimales ästhetisches Erscheinungsbild der Patienten zu erreichen. Genauer gesagt soll untersucht werden, ob durch die Umstellungsosteotomie eine faziale Harmonie nach den Vorgaben von Rob Mulié erreicht werden kann oder ob es bestimmte Patientengruppen oder gar Operationsmuster gibt, bei denen dies nur erschwert bis gar nicht möglich ist. Außerdem soll im Rahmen dieser Arbeit überprüft werden, ob die relativ zeitintensive manuelle Weichteilanalyse zukünftig durch die Einführung einer eigens entwickelten digitalisierten Planung (Chairside) valide ersetzt, beziehungsweise optimiert werden und somit als Steigerung der Effizienz und damit als Zeit- und Kostenersparnis für Behandler und Patienten dienen kann.

Diese Arbeit dient unter anderem der kritischen Überprüfung eines etablierten Bestandteils der Behandlungsplanung von kombiniert kieferorthopädisch-chirurgischen Eingriffen und ist damit Teil der Qualitätssicherung in der klinischen Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Gießen.

## 2 Methodik

### 2.1 Erstellung einer Dysgnathie-Datenbank

Die primäre Aufgabe bestand zunächst darin, aus dem klinikumsinternen Patientendatenspeicherungs- und Erfassungssystem (KAOS) und den archivierten Patientenakten der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Gießen, die entsprechenden Patientendaten zu extrahieren und in einer eigens erstellten, anonymisierten Datenbank darzustellen. Hierzu wurde ein Zeitrahmen von 12 Jahren ab Beginn der digitalen Datenerfassung festgelegt (21.02.2002 - 21.02.2014). Die für die Studie relevanten Daten waren:

- ❖ Operationsalter des Patienten (in Jahren)
- ❖ Geschlecht (männlich/weiblich)
- ❖ Datum des Eingriffs
- ❖ beteiligtes OP-Team
- ❖ angewandter OP-Modus (bimaxillär/monomaxillär)
- ❖ Angle-Klasse (I/II/III)
- ❖ Verlagerungsmuster und -strecken bei der Modelloperation (Translation/Rotation)
- ❖ chirurgische Gaumennahterweiterung (GNE) (ja/nein)
- ❖ zusätzliche median-sagittale Spaltung des Oberkiefers (ja/nein)
- ❖ frontal offener Biss (ja/nein)
- ❖ vollständige Fotodokumentation vorhanden (ja/nein)
- ❖ prä- und postoperative Modelle vorhanden (ja/nein)

Diese Daten wurden in einer Excel-Tabelle aufgelistet, anonymisiert und zur besseren statistischen Bearbeitung rein numerisch aufgearbeitet.

### 2.2 Präoperative Planung

Bei Patienten mit ausgeprägten Kieferfehlstellungen (Dysgnathien) reicht es häufig nicht aus, diese durch einen rein kieferorthopädischen Therapieplan zu behandeln. Hier kann es regelhaft nur durch eine interdisziplinäre Therapieplanung und -umsetzung in Form einer kieferorthopädischen Vorbehandlung mit anschließender kieferchirurgischer Umstellungsoperation gelingen, die häufig komplexen Fehlstellungen der Ober- und Unterkiefer sowohl zueinander als auch zum Restschädel zufriedenstellend zu korrigieren. Bei bestimmten

Patientengruppen (z.B. geistig behinderten Patienten) ist eine Therapie in manchen Fällen auch nur chirurgisch möglich. Entscheidend für das erfolgreiche Gelingen einer solch umfangreichen Therapie ist die suffiziente präoperative Planung [8], [55], [64], [72], [99]. Hauptgrundlage dieser Planung stellen die Planungssitzung und die anschließende Modelloperation [3], [8], [28], [55], [64], [68] dar. Während der Modelloperation wird in gemeinsamer ärztlicher Konferenz diskutiert und anhand eines 3D-Artikulators simuliert, wie stark und in welchen Dimensionen die Kiefer verlagert werden müssen, um für den Patienten ein sowohl aus funktioneller als auch ästhetischer Sicht optimales Ergebnis zu erreichen.

### **2.2.1 Modelloperation mit dem 3D-OSS-Artikulator**

Bevor die sogenannte Modelloperation stattfinden kann, müssen die Ober- und Unterkiefermodelle der Patienten schädel- und gelenkbezüglich mit Hilfe der Gesichtsbogenübertragung in den 3D-OSS-Artikulator nach KRENKEL & LIXL eingebracht werden [64]. (vgl. Abbildung 2-1) Zunächst erfolgt am Patienten im Rahmen der Planungssitzung die Gesichtsbogenregistrierung und mit Hilfe des Zentrik-Registrates das Einbringen der Gipsmodelle in den Artikulator. Anschließend wird während der Modelloperation die therapeutische Okklusion eingestellt. Die Korrektur der Dysgnathie erfolgt unter der Berücksichtigung der FRS-Analyse und der Weichteilanalyse nach Rob Mulié mit Hilfe von Rotations- und Translationsbewegungen im dreidimensionalen Raum. Ist die gewünschte Korrektur und damit die bestmögliche Position der verlagerten Kiefer zueinander und zum Restschädel erreicht, wird diese Relation endgültig in Form eines Kunststoffsplintes (Zentriksplint) gesichert. Die Werte der Verlagerungsstrecken werden im Modell-OP-Bericht festgehalten. Durch die verschiedenen Dysgnathieformen in Bezug auf die Angle-Klassifikation ergeben sich bevorzugte Verlagerungsmuster. So erfolgt bei Klasse III-Patienten mit ausgeprägter Progenie vorrangig eine Vorverlagerung des Oberkiefers. Eine Rückverlagerung des Unterkiefers ist nur begrenzt möglich, da sonst die Durchgängigkeit der Atemwege beeinträchtigt werden kann. Bei Klasse II-Patienten mit maxillärer Prognathie erfolgt meist eine Vorverlagerung des Unterkiefers, da der Oberkiefer aufgrund der anatomischen Gegebenheiten nur minimal nach dorsal verlagert werden kann. Da das Ausmaß der Verlagerungsstrecken aufgrund verschiedener anatomischer, funktioneller und ästhetischer Belange limitiert ist, müssen in vielen Fällen zur Kompensation der Fehlstellung beide Kiefer verlagert werden [63], [64]. Nur so kann ein funktionell und ästhetisch optimales Ergebnis erreicht werden. Die in der Modelloperation gewonnenen Relationen werden durch zwei Kunststoffsplinte auf die Operationssituation übertragen. Standardmäßig wird zunächst der Oberkiefer operiert. In

diesem Fall ist der erste Splint der sogenannte Zwischensplint, welcher die neue Oberkieferposition in Relation zur alten Unterkieferposition wiedergibt. Nach Fixation des Oberkiefers in der neuen Position, dient der zweite, sogenannte Endsplint, dann zur endgültigen Einstellung der therapeutischen Okklusion durch entsprechende Verlagerung des osteotomierten Unterkiefers. Manchmal besteht jedoch die Notwendigkeit, nach dem „mandible-first procedure“ vorzugehen und zunächst den Unterkiefer und anschließend den Oberkiefer zu operieren. In der Literatur sind zahlreiche Verfahren der präoperativen Planung und Modelloperationen mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen beschrieben [3], [8], [28], [63], [68]. Der digitale Fortschritt macht sich auch im Bereich der Dysgnathiechirurgie bemerkbar, so gibt es mittlerweile zahlreiche Möglichkeiten, dem Patienten bereits vor dem Eingriff ein Bild davon zu machen, wie das jeweilige Weichteilprofil postoperativ aussehen könnte [95]. In der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie der Universitätsklinik Gießen wurden im einbezogenen Zeitraum von 2002-2014 Modelloperationen ausschließlich mit dem 3D-OSS-Artikulator durchgeführt [64]. In diesem Artikulator lassen sich die Position der Gelenkkondylen, der interkondyläre Abstand und die Unterkieferäste dreidimensional darstellen, sodass eventuelle Probleme im Hinblick auf die Anlagerungsflächen der Unterkieferäste bereits im Vorfeld entdeckt und durch eine angepasste Planung gelöst werden können [64]. Außerdem ermöglicht der Artikulator eine sehr detaillierte Darstellung der Veränderungen in der Le Fort 1-Ebene.



Abbildung 2-1: 3D-OSS-Artikulator nach KRENKEL & LIXL (Quelle: eigenes Foto)

## 2.2.2 Ablauf der Modelloperation in Gießen

In Gießen finden die Modelloperationen in der Regel ca. ein bis zwei Wochen vor der geplanten Umstellungsoperation statt. Grundlage der Modelloperation stellt die Planungssitzung dar, die etwa sechs Wochen vor dem geplanten Eingriff erfolgt. In dieser findet, neben der klinischen Untersuchung, die Erstellung von Kiefermodellen aus Gips, die Erstellung einer Fernröntgenseitenaufnahme (FRS), eines Orthopanthomogramms (OPG), eines digitalen Volumentomogramms (DVT) und einer Fotodokumentation nach kieferchirurgischen Standards, statt [30], [96]. Vor der Modelloperation wird die gewünschte therapeutische Okklusion durch Aufeinandersetzen der Gipsmodelle von Ober- und Unterkiefer eingestellt und mit Hilfe eines Silikonschlüssels festgehalten. Während der Modelloperation mit dem 3D-OSS-Artikulator wird unter Berücksichtigung der FRS-Analyse, der Rob Mulié-Analyse und der sonstigen erhobenen klinischen Befunde die bestmögliche Position des bimaxillären Blockes in Relation zum Schädel eingestellt, welche dann durch die Herstellung der Kunststoffsplinte exakt auf die intraoperative Situation übertragen werden kann. Der Verlauf der Modelloperation wird in einem Modelloperations-Bericht festgehalten, welcher die Daten der FRS- und Weichteil-Analyse, die Daten der verschiedenen Verlagerungsstrecken in der LeFort-1-Ebene, die Verlagerung des Inzisal- und Kinnpunktes, sowie den endgültigen Therapieplan enthält. Durch die Modelloperation und den dazugehörigen Bericht wird also das chirurgische Vorgehen in einem oder beiden Kiefern (mono- oder bimaxilläres Vorgehen) begründet und festgehalten. Der Transfer der in der Modelloperation erhobenen Daten auf die intraoperative Situation findet zum einen durch die bereits erwähnten Kunststoffsplinte, zum anderen durch eine am Schädel zu befestigende Messskala (Face-O-Meter, vgl. Abbildung 2-2) statt. Durch diese Hilfsapparatur kann der postoperativ gewünschte, neue Inzisalpunkt eingestellt werden und dient intraoperativ immer wieder als zuverlässige Orientierungshilfe.



Abbildung 2-2: Intraoperative Anwendung des Face-O-Meter (Quelle: Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. Dr. Howaldt (MKG Gießen) zur Verfügung gestellt.)

### 2.2.3 Standardisierte Fotodokumentation

Im Rahmen der Planungssitzungen, welche ca. sechs Wochen vor der Kieferumstellungsoperation stattfinden, werden neben standardisierten Kiefermodellen und Röntgenbildern auch standardisierte Fotoaufnahmen in einem speziell dafür vorgesehenen Fotostudio angefertigt. Durch beständige Geräteanordnung und Ausleuchtung werden dadurch eine gute Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der prä- und postoperativen Aufnahmen gewährleistet (vgl. Abbildung 2-3). Als Hintergrund dient eine hellblaue Leinwand, welche optimale Kontraste bei möglichst natürlicher Hautfarbe und geringstmöglicher Schattenbildung gestattet [30], [77], [96].



Abbildung 2-3: Fotostudio der Abteilung für MKG, Uni Gießen (Quelle: eigenes Foto)

Zu einer vollständigen Fotodokumentation nach kieferchirurgischen Standards gehören:  
(vgl. Abbildung 2-4 bis Abbildung 2-8, [30])

- ❖ Frontalansicht (Enface)
- ❖ Halbseitenansicht (Halbprofil)
- ❖ Seitenansicht (Profil)
- ❖ Frontalansicht mit Lippenretraktor
- ❖ Aufnahme mit Holzspatel in Okklusionsebene (vgl. zur Bipupillarlinie)
- ❖ submentale Ansicht
- ❖ submental vertikale Ansicht
- ❖ suprakraniale Ansicht
- ❖ Frontalansicht mit geschlossenen Augen
- ❖ Lachfoto
- ❖ Rückansicht mit Ohren
- ❖ fünf intraorale Aufnahmen: frontal, links- und rechtsbukkale Ansicht, sowie Aufsichten auf den Ober- und Unterkiefer

Anhand der Profilbilder von Patienten lassen sich nach STEINHÄUSER & JANSON Aussagen über ästhetisch ansprechende und nicht ansprechende Gesichts-



proportionen gewinnen [109]. In der vorliegenden Studie dienten die Profilbilder der Patienten in der Seitenansicht von rechts zur Durchführung der Weichteilanalyse nach Rob Mulié.



Abbildung 2-4: Enface (A), Halbprofil (B), Profil (C) [30]



Abbildung 2-5: Enface + Lippenretractor (A), Enface + Bisspatel (B), submental (C) [30]



Abbildung 2-6: Enface + geschlossene Augen, (A), lachend (B), Rückansicht mit Ohren (C) [30]

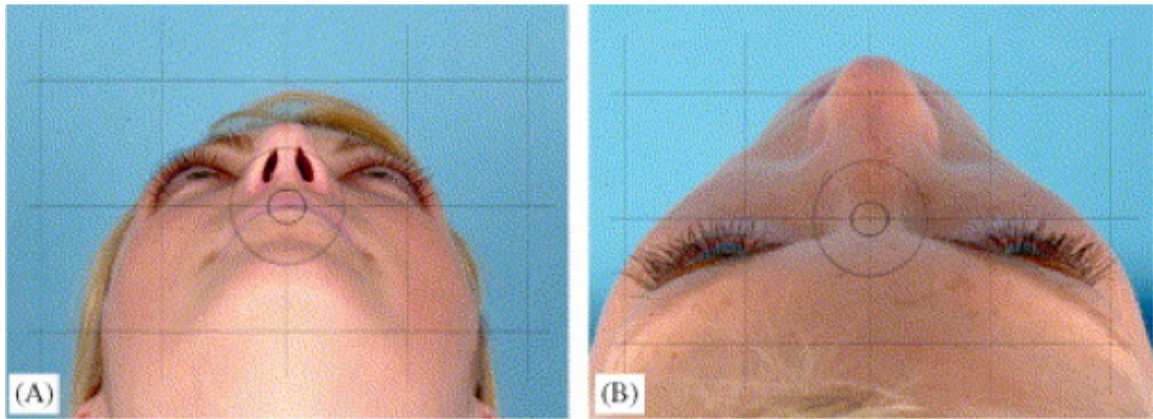


Abbildung 2-7: Submental vertikal (A), suprakranial (B) [30]

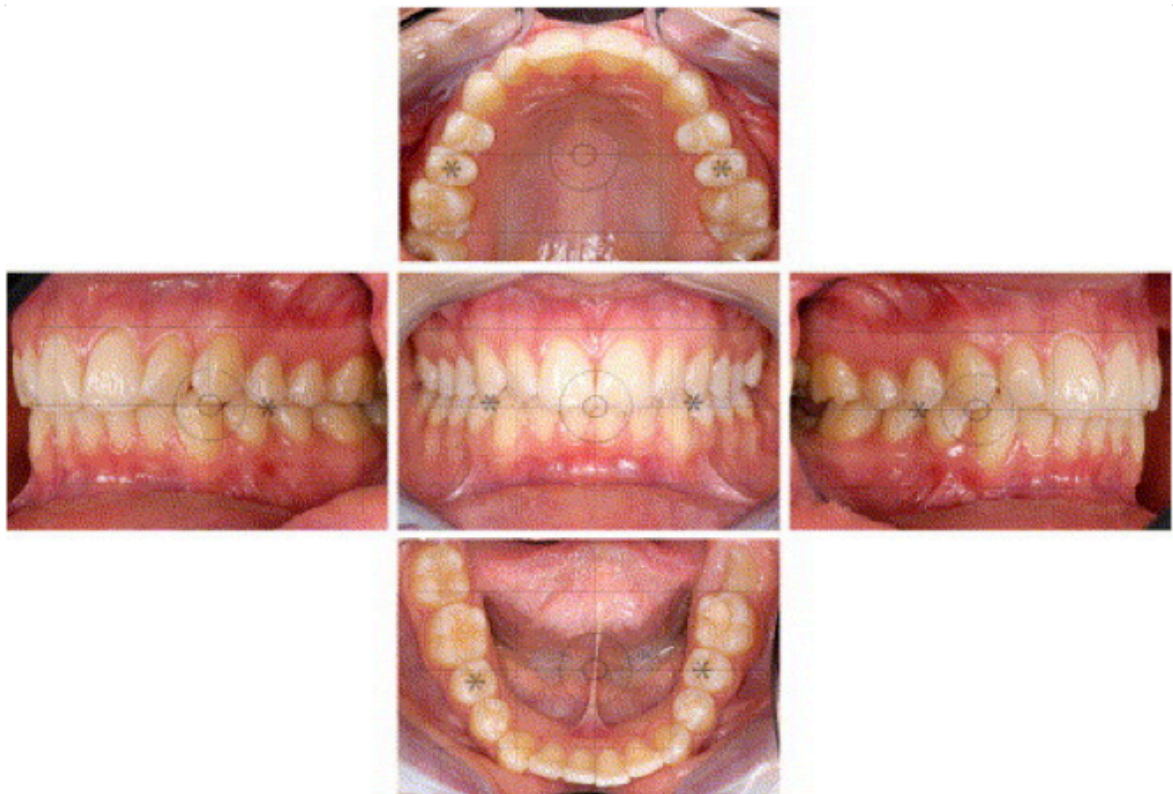


Abbildung 2-8: Intraorale Aufnahmen: frontal, links- und rechtsbukkale Ansicht, sowie Aufsichten auf den Ober- und Unterkiefer [30]

## 2.2.4 Weichteilanalyse nach Rob Mulié

Bereits seit mehr als 12 Jahren hat sich die Weichteilanalyse nach Rob Mulié in Gießen neben weiteren wichtigen Kriterien als Standardmethode zur Beurteilung und Bewertung des Gesichtsprofils vor und nach dysgnathiechirurgischen Eingriffen etabliert.

Diese, an standardisierten klinischen Fotografien [30], [96] durchgeführte Analyse, beschreibt eine faziale Harmonie und kategorisiert Abweichungen in der vertikalen und sagittalen Relation. Der Vergleich der prä- und postoperativ angewandten Weichteilanalyse nach Rob Mulié ermöglicht eine Beurteilung des Therapieerfolges nach der Durchführung einer Umstellungsoperation vor allem in ästhetischer Hinsicht.

Initiale Überlegungen und Regeln für die Beurteilung des Gesichtsprofils in der vertikalen und sagittalen Relation gehen auf die Ausführungen von RIJNKO BRONS [16] zurück und werden im Folgenden erläutert. Die Regeln für faziale Harmonie müssen für alle Gesichtstypen anwendbar sein und interindividuelle Unterschiede berücksichtigen. Gleichzeitig sollen sie als Hilfestellung dienen, um eine ästhetische Balance zwischen den verschiedenen Anteilen des Weichteilprofils zu finden und eventuelle negative Dysbalancen auszugleichen. Zunächst wird das vertikale Weichteilprofil in proportionale Verhältnisse eingeteilt, welche zwischen vier verschiedenen Weichteilbezugspunkten gemessen werden: Nasion (N), Subnasale (Sn), Stomion (St) und Menton (Me) (vgl. Tabelle 2-1).

Nun lassen sich verschiedene Abschnitte zwischen den entsprechenden Weichteilbezugspunkten festlegen:

- |                                  |   |                                       |
|----------------------------------|---|---------------------------------------|
| - Nasofaziale Höhe (NasFH)       | } | } Nasomaxillofaziale Höhe (NasomaxFH) |
| - Maxillofaziale Höhe (MaxFH)    |   |                                       |
| - Mandibulofaziale Höhe (MandFH) |   | } Orofaziale Höhe (OroFH)             |

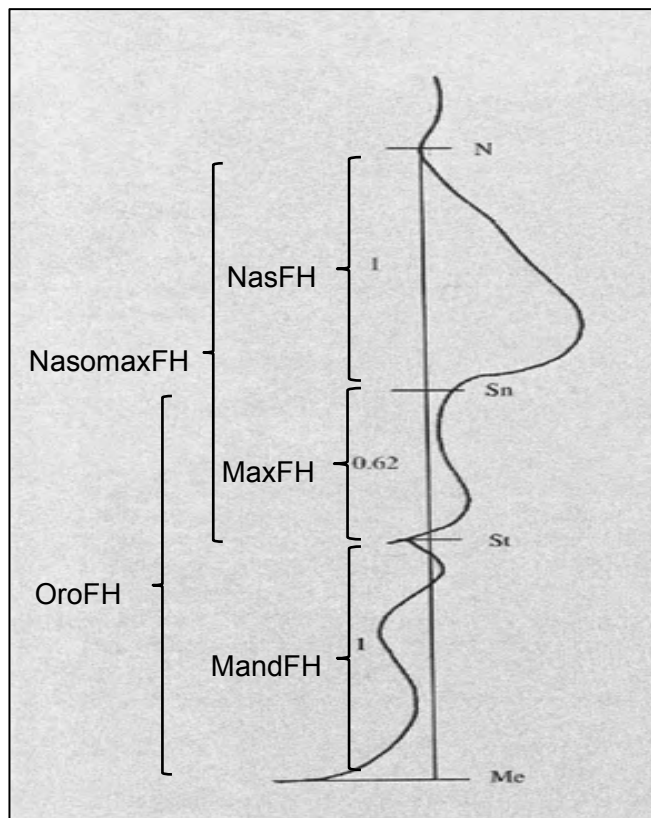
Die Nasofaziale Höhe (NasFH) entspricht hierbei dem Abschnitt zwischen den Weichteilbezugspunkten Nasion und Subnasale, die maxillofaziale Höhe dem Abschnitt zwischen Subnasale und Stomion und die mandibulofaziale Höhe dem Abschnitt zwischen Stomion und Menton [16] (vgl. Abbildung 2-9).

Es ergeben sich folgende wichtige Verhältnismäßigkeiten:

- NasomaxFH : MandFH → Verhältnis zwischen festem und beweglichem Gesicht
- NasFH : MaxFH → bestimmt die proportionalen Werte von MandFH
- MaxFH : MandFH → wird durch NasFH : MaxFH bestimmt

Tabelle 2-1: Weichteilbezugspunkte

N	Nasion	am weitesten anterior gelegener Punkt der sutura nasofrontalis (auf die Haut projiziert)
Sn	Subnasale	am weitesten posterior gelegener Punkt der nasolabialen Kurvatur
St	Stomion	Schnittpunkt der Ober- und Unterlippe bei geschlossenem Mund
Me	Menton	am weitesten kaudal gelegener Punkt der Weichteilkontur des Kinns



NasFH : MaxFH = 1 : 0,62  
 NasomaxFH : MandFH = 1,62 : 1  
 MaxFH : MandFH = 0,62 : 1  
 OroFH : NasFH = 1,62 : 1

Abbildung 2-9: Verhältnismäßigkeiten des Gesichts [16]

OroFH: Orofaziale Höhe, NasomaxFH: Nasomaxillofaziale Höhe, NasFH: Nasofaziale Höhe, MaxFH: Maxillofaziale Höhe, MandFH: Mandibulofaziale Höhe

Diese allgemeingültigen Standards sollten für jegliche harmonischen Gesichtsprofile Anwendung finden können. Eines dieser harmonischen Profile wird als „Golden Rule profile“ bezeichnet [16]. Dieses Profil wird durch den goldenen Schnitt in drei Abschnitte eingeteilt (vgl. Abbildung 2-9). Beim goldenen Schnitt handelt es sich um das Teilungsverhältnis einer Strecke, bei der sich der längere Teil zur gesamten Strecke genauso verhält, wie der kürzere zum längeren Teil. Dieses Verhältnis wird durch folgende Formel ausgedrückt [16]:

$$\Phi = \frac{a}{b} = \frac{a+b}{a}, \Phi \approx 1,618$$

Das Prinzip des goldenen Schnittes findet in Architektur und Kunst Anwendung, um Harmonie zu erzeugen. Außerdem ist es in der Natur allgegenwärtig, wie sich manchmal zum Beispiel an der Verteilung der Äste eines Baumes erkennen lässt. Anhand des goldenen Schnittes lässt sich ein Wertungssystem ableiten, dass für alle harmonischen Gesichtstypen gültig sein muss. Die zuvor in Abbildung 2-9 beschriebenen Verhältnismäßigkeiten ergeben eine Abhängigkeit des Werts für MandFH vom Verhältnis zwischen MaxFH und NasFH. Setzt man nun die Werte für die Proportionen nach dem goldenen Schnitt in die Verhältnismäßigkeiten ein, so ergeben sich mathematisch zwei Formeln [16]:

$$1. \frac{\text{MandFH}}{\text{MaxFH}} = \frac{\text{NasomaxFH}}{\text{MandFH}} \rightarrow \text{MandFH} = \sqrt{\text{NasomaxFH} \times \text{MaxFH}}$$

$$2. \text{MandFH} = 0,81 \text{ NasFH} + 0,31 \text{ MaxFH}$$

Anhand dieser beiden Formeln lassen sich in Abhängigkeit vom harmonischen Verhältnis zwischen MaxFH und NasFH obere und untere Grenzwerte für die MandFH errechnen. Der Wertebereich für die MandFH wird von einem oberen (=Shortface) und unteren (=Longface) Wert begrenzt. Zwischen diesen beiden Grenzwerten liegt der Neutralbereich (=Normalface). Anhand der ersten Formel lässt sich der untere Grenzwert berechnen (Shortface) und anhand der zweiten Formel der obere Grenzwert (Longface). Der neutrale Bereich (Normalface) wird durch die Bildung des arithmetischen Mittels zwischen oberem und unterem Grenzwert errechnet. In Tabelle 2-2 sind die häufigsten nasomaxillären Verhältnisse dargestellt [16].

Anhand der sogenannten nasomaxillären Verhältniszahl (nasomaxVH),

$$\text{nasomaxVH (A)} = \frac{\text{MaxFH}}{\text{NasFH}}$$

ist es möglich, die entsprechenden Multiplikatoren (B, C und D) der Tabelle zu entnehmen, um die entsprechenden Werte für die Short (SF)-, Normal (NF)-, und Longface (LF)-Konfiguration auszurechnen. Diese ergeben sich aus der NasFH in Abhängigkeit der nasomaxVH:

unterer Grenzwert:	SF	=	NasFH	x	B
Normwert:	NF	=	NasFH	x	C
oberer Grenzwert:	LF	=	NasFH	x	D

Tabelle 2-2: Normwertetabelle für SF, NF und LF (Quelle: [16])

nasomaxVH: nasomaxilläre Verhältniszahl, SF: Shortface, NF: Normalface, LF: Longface

	nasomaxVH	SF	NF	LF		nasomaxVH	SF	NF	LF		
	A	B	C	D		A	B	C	D		
kurze Nase / lange Oberlippe	1	0,67	1,06	1,04	1,02	23	0,45	0,81	0,88	0,95	lange Nase / kurze Oberlippe
	2	0,66	1,05	1,03	1,01	24	0,44	0,8	0,87	0,94	
	3	0,65	1,04	1,02	1,01	25	0,43	0,79	0,86	0,94	
	4	0,64	1,03	1,02	1,01	26	0,42	0,78	0,86	0,94	
	5	0,63	1,01	1,01	1,00	27	0,41	0,76	0,85	0,94	
	6	0,62	1,00	1,00	1,00	28	0,40	0,75	0,84	0,93	
	7	0,61	0,98	1,00	0,99	29	0,39	0,74	0,83	0,93	
	8	0,60	0,98	0,99	0,99	30	0,38	0,73	0,83	0,93	
	9	0,59	0,97	0,98	0,99	31	0,37	0,71	0,82	0,93	
	10	0,58	0,95	0,97	0,99	32	0,36	0,70	0,81	0,92	
	11	0,57	0,94	0,97	0,98	33	0,35	0,69	0,80	0,92	
	12	0,56	0,93	0,96	0,98	34	0,34	0,68	0,80	0,92	
	13	0,55	0,92	0,95	0,98	35	0,33	0,67	0,79	0,91	
	14	0,54	0,91	0,94	0,97	36	0,32	0,66	0,78	0,91	
	15	0,53	0,9	0,94	0,97	37	0,31	0,64	0,77	0,90	
	16	0,52	0,89	0,93	0,97	38	0,30	0,63	0,76	0,90	
	17	0,51	0,88	0,92	0,97	39	0,29	0,61	0,76	0,89	
18	0,50	0,87	0,92	0,96	40	0,28	0,60	0,75	0,89		
19	0,49	0,86	0,91	0,96	41	0,27	0,59	0,74	0,89		
20	0,48	0,84	0,90	0,96	42	0,26	0,58	0,73	0,88		
21	0,47	0,83	0,89	0,95	43	0,25	0,57	0,72	0,88		
22	0,46	0,82	0,89	0,95							

---

Beispielrechnung:

Wenn NasFH = 1 und MaxFH = 0,4, dann beträgt nasomaxVH = 0,4.

Die erste Formel ergibt folgenden unteren Grenzwert (SF):

$$\text{MandFH} = \sqrt{\text{NasomaxFH} \times \text{MaxFH}} = \sqrt{1,4 \times 0,4} = 0,75.$$

Die zweite Formel ergibt den oberen Grenzwert (LF):

$$\text{MandFH} = (0,81 \times \text{NasFH}) + (0,31 \times \text{MaxFH}) = (0,81 \times 1) + (0,31 \times 0,4) = 0,81 + 0,12 = 0,93$$

Diese Werte sind der Tabelle 2-2 unter der entsprechenden nasomaxillären Verhältniszahl zu entnehmen.

## Manuelle Analyse (Goldstandard)

### Vertikal:

Auf dem Profilbild des Patienten werden zunächst die in Kapitel 2.2.4 erwähnten Weichteilbezugspunkte Nasion (N), Subnasale (Sn), Stomion (St) und Menton (Me) eingezeichnet. Nun wird eine Tangente an die Stirn und Nasenspitze eingezeichnet, welche der Nasofrontallinie (NFL) entspricht. Anschließend wird ausgehend von der NFL eine Gerade im  $15^\circ$ -Winkel durch den Punkt N eingezeichnet. Diese wird als vertikale Analyselinie (VAL) bezeichnet. Danach können die vier Senkrechten zur VAL durch die Punkte N, Sn, St und Me gezogen werden. Anhand dieser können die entsprechenden Größen NasFH, MaxFH und MandFH abgemessen und die jeweilige nasomaxilläre Verhältniszahl ausgerechnet werden. Zugehörig zu den jeweils errechneten nasomaxillären Verhältniszahlen können dann entsprechend der Tabelle 2-2 die Werte für SF, NF und LF berechnet werden. (vgl. Abbildung 2-10)

### Sagittal:

Für die sagittale Analyse wird zunächst eine Tangente an den Nasenrücken durch den Punkt N eingezeichnet. Der Winkel, den diese Tangente mit der vertikalen Analyselinie (VAL) einschließt, wird als Nasenrückeninklination (NRI) bezeichnet. Als Oberlippeninklination (OLI) bezeichnet man den Winkel zwischen der VAL und einer Tangente, welche an die Oberlippe und durch den Punkt Sn gelegt wird. Als Unterlippeninklination (ULI) wird dementsprechend der Winkel zwischen VAL und einer Tangente an die Unterlippe durch den Punkt Sn bezeichnet. Die Mandibulainklination (MI) bezeichnet den Winkel, der durch die VAL und einer Tangente an die Weichteilkonturen des Kinns und der Unterlippe gebildet wird. (vgl. Abbildung 2-11)



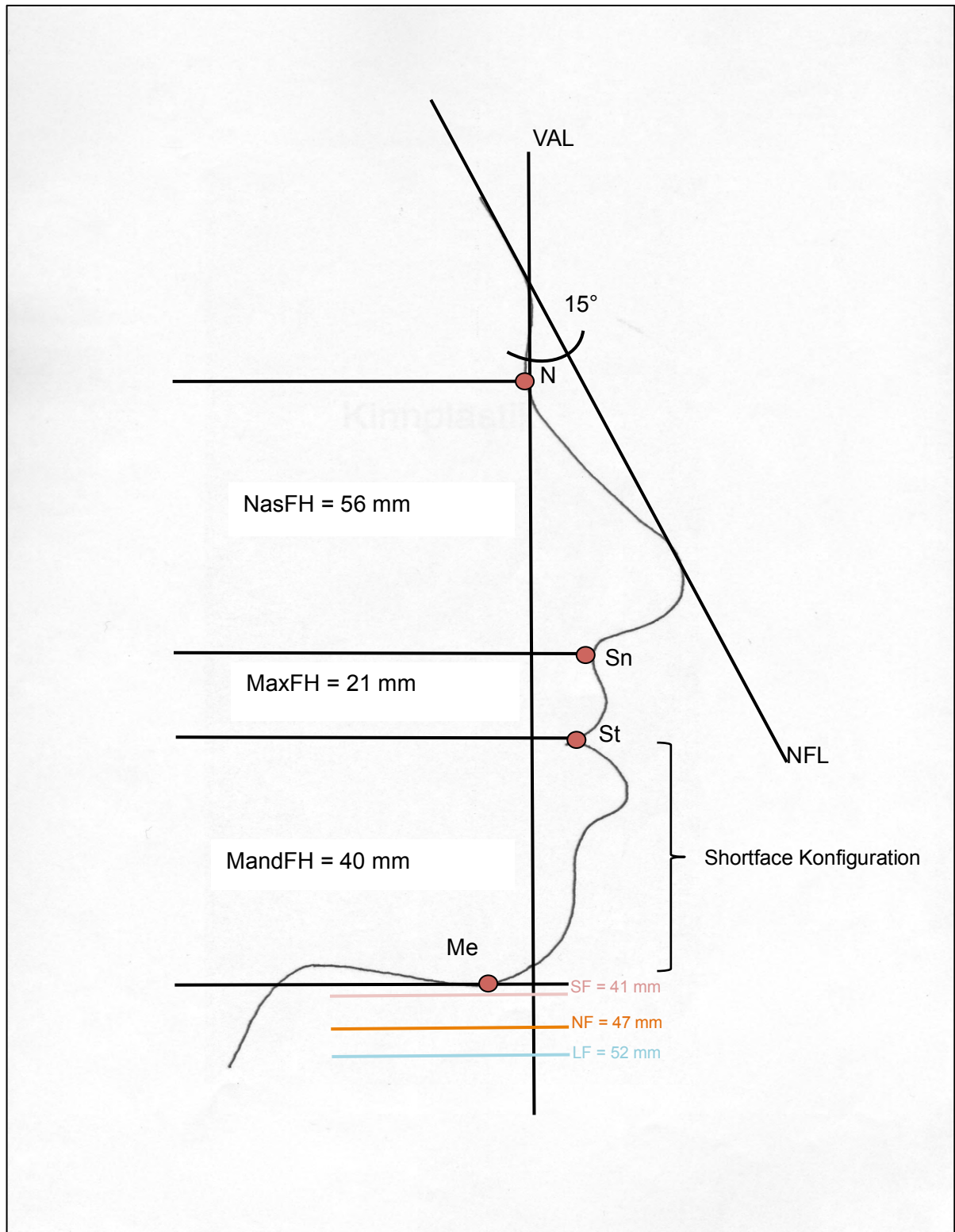


Abbildung 2-10: Anwendungsbeispiel für eine vertikale Rob Mulié-Analyse anhand eines Klasse III Gesichtsprofils (Quelle: eigene Abbildung)

N: Nasion, Sn: Subnasale, St: Stomion, Me: Menton, VAL: vertikale Analyselinie, NFL: Nasofrontallinie, NasFH: Nasofaziale Höhe, MaxFH: Maxillofaziale Höhe, MandFH: Mandibulofaziale Höhe, SF: Shortface, NF: Normalface, LF: Longface

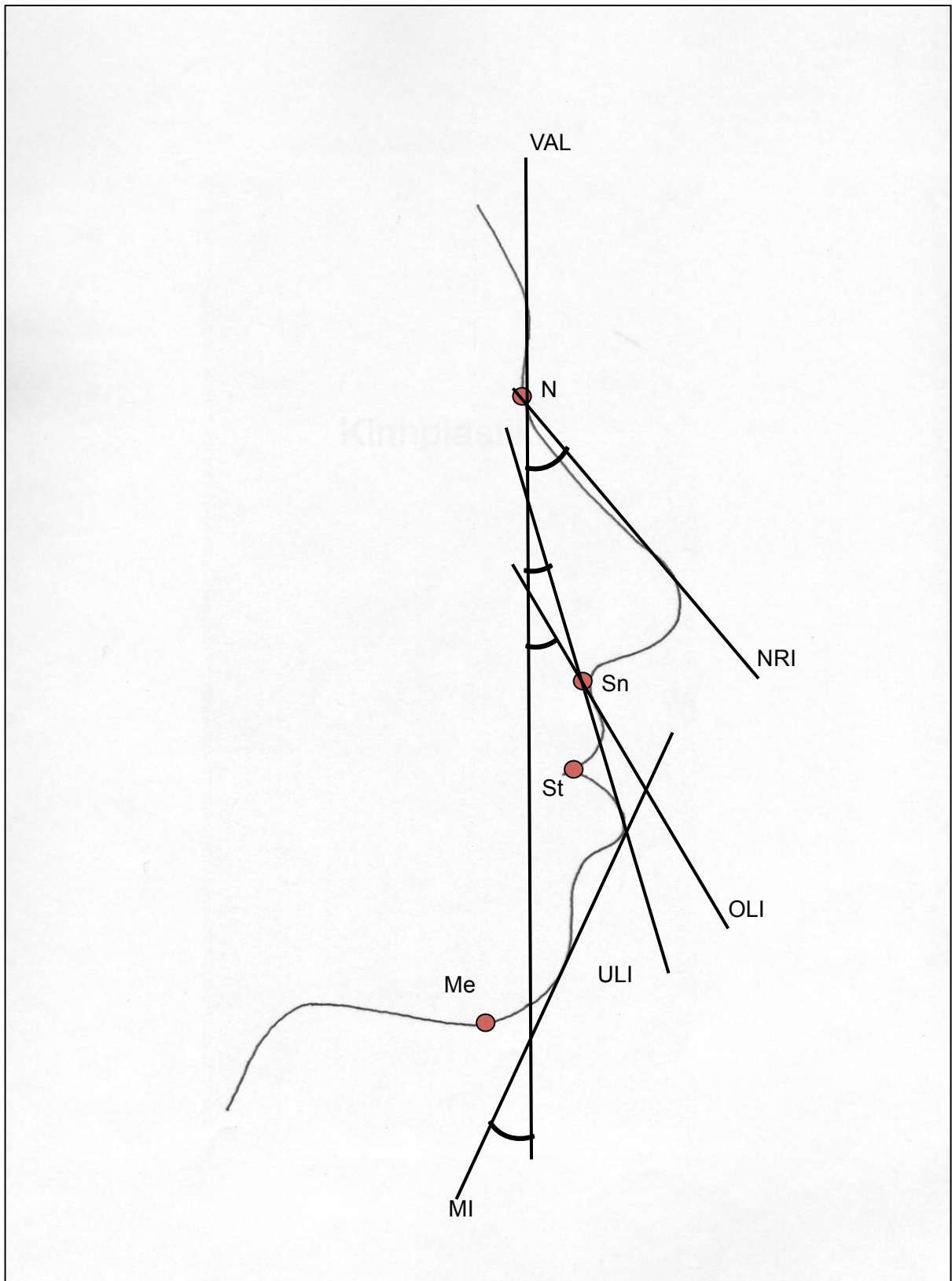


Abbildung 2-11: Anwendungsbeispiel für eine sagittale Rob Mulié-Analyse anhand eines Klasse III Gesichtsprofils (Quelle: eigene Abbildung)

N: Nasion, Sn: Subnasale, St: Stomion, Me: Menton, NRI: Nasenrückenkinkination, VAL: vertikale Analyselinie, OLI: Oberlippeninkination, ULI: Unterlippeninkination, MI: Mandibulainkination

In Abhängigkeit der Nasenrückeninklination (NRI) lassen sich untere und obere Grenzwerte für die entsprechenden Winkel OLI, ULI und MI definieren (vgl. Tabelle 2-3, [16])

Tabelle 2-3: Grenzwerte für OLI, ULI und MI [16]

NRI: Nasenrückeninklination, OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination, \_U: unterer Grenzwert, \_O: oberer Grenzwert

<b>NRI</b>	<b>OLI_U</b>	<b>OLI_O</b>	<b>ULI_U</b>	<b>ULI_O</b>	<b>MI_U</b>	<b>MI_O</b>
<b>22,5</b>	-15	0	-22,5	0	-30	0
<b>23</b>	-14,5	0,5	-22	0,25	-29,5	0,25
<b>24</b>	-13,5	1,5	-21	0,75	-28,5	0,75
<b>25</b>	-12,5	2,5	-20	1,25	-27,5	1,25
<b>26</b>	-11,5	3,5	-19	1,75	-26,5	1,75
<b>27</b>	-10,5	4,5	-18	2,25	-25,5	2,25
<b>28</b>	-9,5	5,5	-17	2,75	-24	2,75
<b>29</b>	-8,5	6,5	-16	3,25	-23,5	3,25
<b>30</b>	-7,5	7,5	-15	3,75	-22,5	3,75
<b>31</b>	-6,5	8,5	-14	4,25	-21,5	4,25
<b>32</b>	-5,5	9,5	-13	4,75	-20,5	4,75
<b>33</b>	-4,5	10,5	-12	5,25	-19,5	5,25
<b>34</b>	-3,5	11,5	-11,5	5,75	-18,5	5,75
<b>35</b>	-2,5	12,5	-10	6,25	-17,5	6,25
<b>36</b>	-1,5	13,5	-9	6,75	-16,5	6,75
<b>37,5</b>	0	15	-7,5	7,5	-15	7,5

**Digitale Analyse (mit eigens entwickelter Analysesoftware)**

Die manuelle Rob Mulié Analyse wird mit Papier, Bleistift und Geodreieck durchgeführt. Zur Bestimmung der einzelnen Analyse-Parameter sind zahlreiche Messungen und Berechnungen notwendig.

Durch gemeinsame Überlegungen zwischen Herrn Dr. Dr. Böttger und dem Autor dieser Arbeit entstand im Rahmen der Datenauswertung die Idee zur Entwicklung einer digitalen Software, um die Weichteilanalyse nach Rob Mulié mit Hilfe eines Computers einfacher gestalten zu können.

Die Kernprozesse der Softwareentwicklung bestehen aus Planung, Entwurf, Programmierung und Validierung. Zunächst erfolgte durch den Autor dieser Arbeit die Planung und Datenakquisition. Der Entwurf für das Programm wurde gemeinsam erstellt. Die Programmierung des JAVA-Codes erfolgte durch Herrn Dr. Dr. Böttger. Im Anschluss erfolgte die technische und inhaltliche Programmtestung durch den Autor. Die so identifizierten Fehler wurden wiederum von Dr. Dr. Böttger durch Anpassungen des Programmcodes behoben. Die abschließende wissenschaftliche Validierung erfolgte wieder durch den Autor.

Durch die digitale Bearbeitung der Patientenfotos ist es nun möglich, die Rob Mulié-Analyse einfach und ohne breites Vorwissen mit Hilfe eines Computers durchzuführen. Außerdem kann eine rasche Analyse auch direkt am Patienten (chairside) durchgeführt werden.

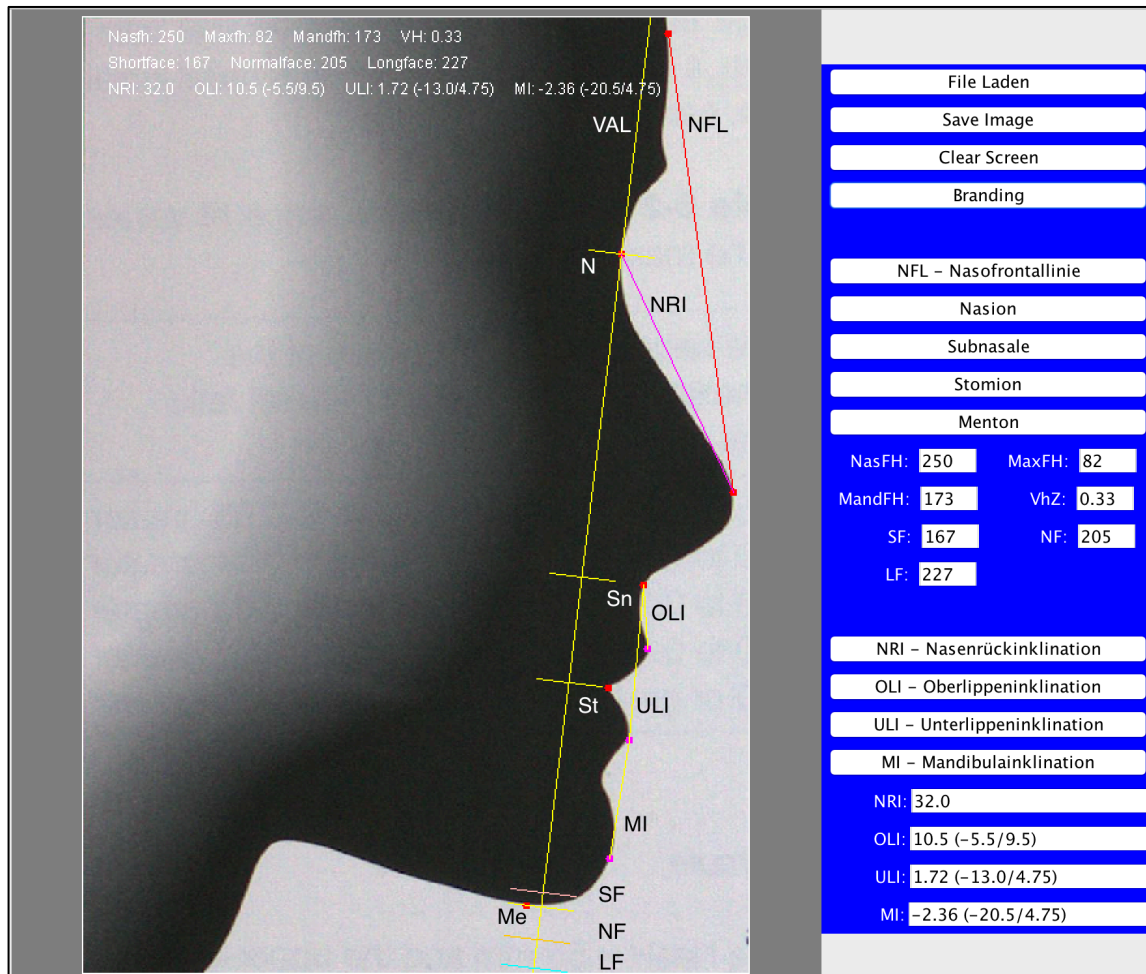


Abbildung 2-12: Beispiel für eine digitale Rob Mulié-Analyse im Analyseprogramm (Quelle: eigenes Foto)

### 2.3 Statistische Methoden

Die statistische Vorauswertung erfolgt mit dem Programm „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS®) für Microsoft Windows. Eine detaillierte statistische Bearbeitung erfolgt in freundlicher Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe für medizinische Statistik der Justus-Liebig-Universität Gießen. Das untersuchte Patientenkollektiv, sowie die allgemeinen und operativen Daten werden deskriptiv dargestellt. Die Auswertung der Rob Mulié-Analysen erfolgt anhand des Vergleichs zwischen den prä- und postoperativen vertikalen und sagittalen Einstufungen. Anhand von Sechsfeldertafeln wird überprüft, ob ein Unterschied zwischen prä- und postoperativem Ergebnis feststellbar ist und ob die vertikalen (MandFH) und sagittalen (OLI, ULI, MI) Analysewerte in den Normbereich überführt werden, beziehungsweise dort gehalten werden konnten (= Erfolg). Diese werden mit dem Chi-Quadrat-Test und dem exakten Test nach Fischer auch im Hinblick

auf den Verdacht, dass generell eine verminderte Verbesserung der sagittalen und vertikalen Relationen bei Klasse III- und monomaxillär operierten Patienten anzunehmen ist, auf eventuelle Unterschiede in Abhängigkeit der Angle-Klasse und des OP-Modus überprüft. Zusätzlich wird mit Hilfe einer logistischen Regression festgestellt, welche Parameter den Erfolg beziehungsweise Misserfolg am stärksten beeinflussen und anschließend kann anhand des Aikake-Criterion (AIC) das beste Modell zur Erklärung des Erfolges ausgewählt werden.

Des Weiteren wird durch den paarweisen t-Test überprüft, ob und inwieweit sich der postoperative NRI-Wert im Vergleich zum präoperativen Wert durch die Dysgnathieoperation verändert hat. Es wird auch analysiert, ob es Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen, z.B. Angle-Klasse, Geschlecht, OP-Modus gibt.

Die gesamte Zieltabelle wird nachträglich noch einmal mit Hilfe eines eigens entwickelten digitalen Analyseprogrammes erstellt. Diese wird sowohl auf Schwankungen zwischen den einzelnen Messungen per Hand und denen per Programm, als auch auf Schwankungen innerhalb der verschiedenen Rob Mulié-Parameter statistisch untersucht. Zur Beurteilung des Methodenunterschieds wird abschließend eine Bland-Altman-Analyse durchgeführt [76]. In einem Bland-Altman-Diagramm werden auf der x-Achse die Mittelwerte der beiden Messpaare und auf der y-Achse die Differenzen der Messungen aufgetragen. Außerdem werden als horizontale Linien zum einen der Mittelwert aller Differenzen eingezeichnet und zum anderen wird diese Linie von den Standardabweichungen der Differenzen eingerahmt (gestrichelte Linien, vgl. Abbildung 3-17, 3-12, 3-13). Der Bereich zwischen den gestrichelten Linien wird als Übereinstimmungsbereich („limits of agreement“) bezeichnet. Ein Bland-Altman-Diagramm eignet sich daher gut, um die Messdifferenzen zu visualisieren und zu bewerten.

Alle Tests werden auf einem Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  durchgeführt.

### 3 Ergebnisse

Im Zeitraum vom 21.02.2002 bis zum 21.02.2014 wurden in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie insgesamt 236 Patienten durch eine Kieferfehlstellungsosteotomie behandelt. Von diesen 236 Patienten wurden die Patienten ausgewählt, bei denen eine vollständige prä- als auch postoperative Dokumentation inklusive Modell-OP-Bericht und standardisierter Fotodokumentation vorlag. Insgesamt konnten so Daten von 160 Patienten in die Studie einbezogen werden. Davon waren 99 (62%) Frauen und 61 (38%) Männer (vgl. Abbildung 3-1). Das Operationsalter der Patienten lag zwischen 13 und 61 Jahren. Der Medianwert lag bei 23 Jahren. Die Frauen waren mit durchschnittlich 26,4 (Median=23) Jahren etwas älter als die Männer mit 24,3 (Median=23) Jahren (vgl. Abbildung 3-2). Bei 4 (2,5%) Patienten lag eine Angle-Klasse I, bei 64 (40%) Patienten eine Angle-Klasse II und bei 92 (57,5%) Patienten eine Angle-Klasse III vor (vgl. Abbildung 3-3). Von den 160 Patienten wurden 123 (76,9%) in beiden Kiefern (bimaxillär) und 37 (23,1%) in nur einem Kiefer (monomaxillär) operiert. Innerhalb der Gruppe von 37 monomaxillär operierten Patienten befanden sich 13 (35,1%), die nur im Oberkiefer und 24 (64,9%), die nur im Unterkiefer operiert wurden (vgl. Abbildung 3-4).

#### 3.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

Von den insgesamt 160 Patienten waren 99 (62%) Frauen und 61 (38%) Männer:

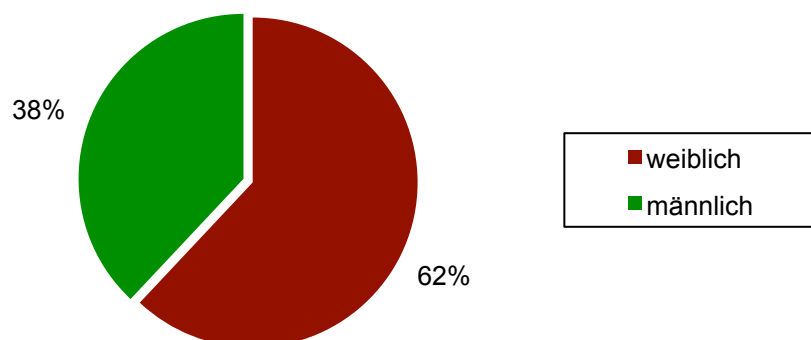


Abbildung 3-1: Geschlechtsverteilung

Das Operationsalter der Patienten lag zwischen 13 und 61 Jahren. Der Medianwert lag bei 23 Jahren. Die Frauen waren mit durchschnittlich 26,4 (Median=23) Jahren etwas älter als die Männer mit 24,3 (Median=23) Jahren:

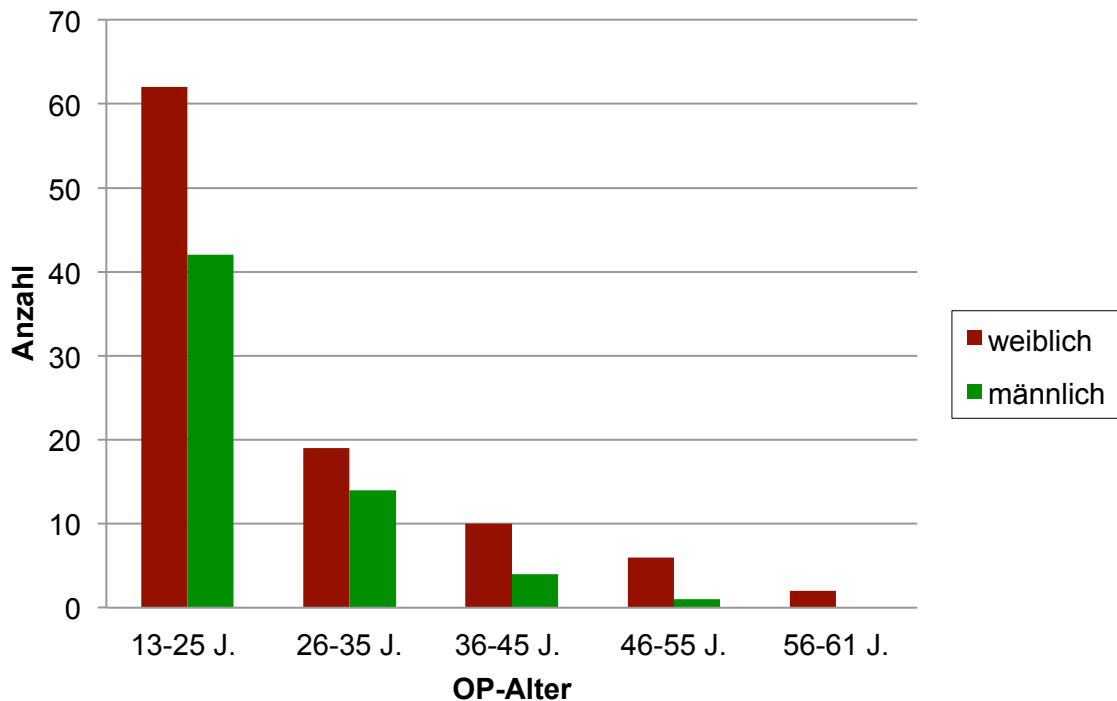


Abbildung 3-2: Altersverteilung

### 3.2 Verteilung der Angle-Klassen

Bei 4 (2%) Patienten lag eine Angle-Klasse I, bei 64 (40%) Patienten eine Angle-Klasse II und bei 92 (58%) Patienten eine Angle-Klasse III vor:

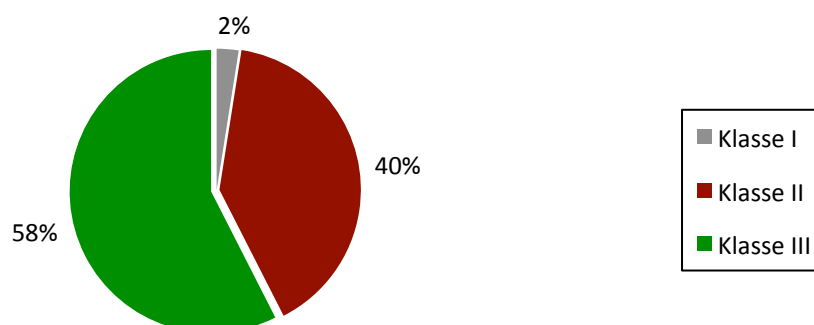


Abbildung 3-3: Verteilung der Angle-Klassen



### 3.3 Verteilung der operierten Kiefer

Von den 160 Patienten wurden 123 (77%) in beiden Kiefern (bimaxillär) und 37 (23%) in nur einem Kiefer (monomaxillär) operiert. Innerhalb der Gruppe von 37 monomaxillär operierten Patienten befanden sich 13 (35%), die nur im Oberkiefer und 24 (65%), die nur im Unterkiefer operiert wurden:

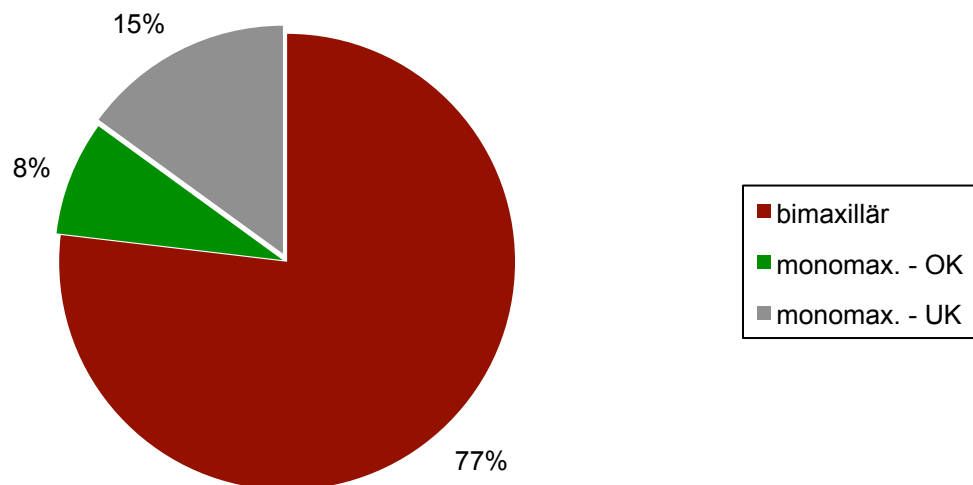


Abbildung 3-4: relative Verteilung der operierten Kiefer

monomax.: monomaxillär, OK: Oberkiefer, UK: Unterkiefer

### 3.4 Manuelle Analyse (Goldstandard)

#### 3.4.1 Prä- zu postoperativem Vergleich der fazialen Harmonie

Die erste statistische Auswertung der manuellen Analyse ergab, dass präoperativ bei 67 von 160 Patienten (42%) eine faziale Harmonie in der vertikalen Relation vorlag, d.h. bei über der Hälfte (58%) lag entweder eine Short- oder Longface-Konfiguration vor. Durch die Umstellungsosteotomie konnte postoperativ bei 99 Patienten (62%) eine vertikale Normface-Konfiguration erreicht werden (vgl. Abbildung 3-5 - Abbildung 3-10). Das heißt bei ca. 20% der Patienten trat eine Normalisierung des vertikalen Gesichtsprofils ein. Bei den Werten für die Unterlippeninklation (ULI) konnte eine Harmonisierung des sagittalen Gesichtsprofils bei 138 der 160 Patienten erzielt werden, was einem Zuwachs um 27% entspricht. Bei der Mandibulainklation (MI) konnte jeweils eine Verbesserung der fazialen Harmonie bei 118 Patienten erreicht werden, was einem Zuwachs von 6% entspricht. Die Oberlippeninklation (OLI) verschlechterte sich bei 7% der 160 Patienten (vgl. Abbildung 3-11, Abbildung 3-12).



Abbildung 3-5: Klasse II – Profilbilder vor und nach Unterkieferverlagerung (mit freundlicher Genehmigung der Patientin)

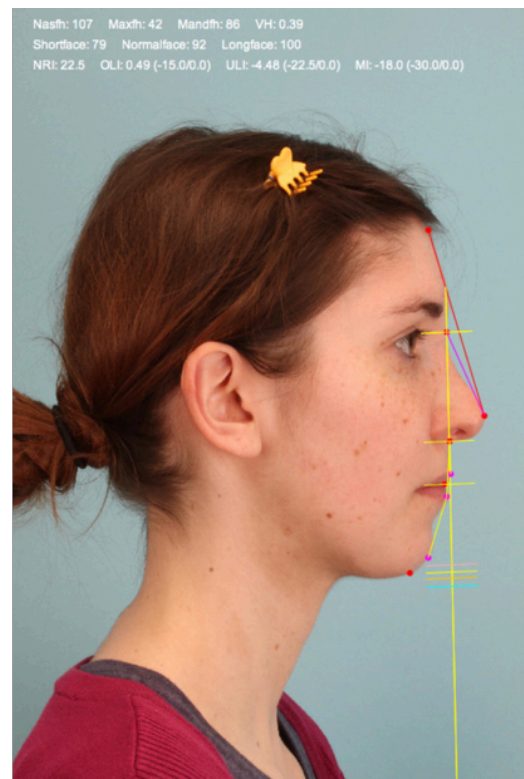
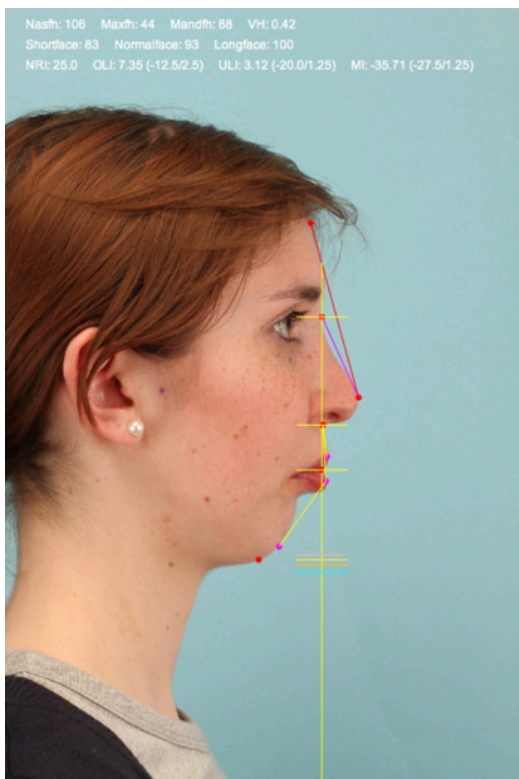


Abbildung 3-6: Rob Mulié-Analyse vor und nach Unterkieferverlagerung



Abbildung 3-7: Klasse III – Profilbilder vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie (mit freundlicher Genehmigung der Patientin)

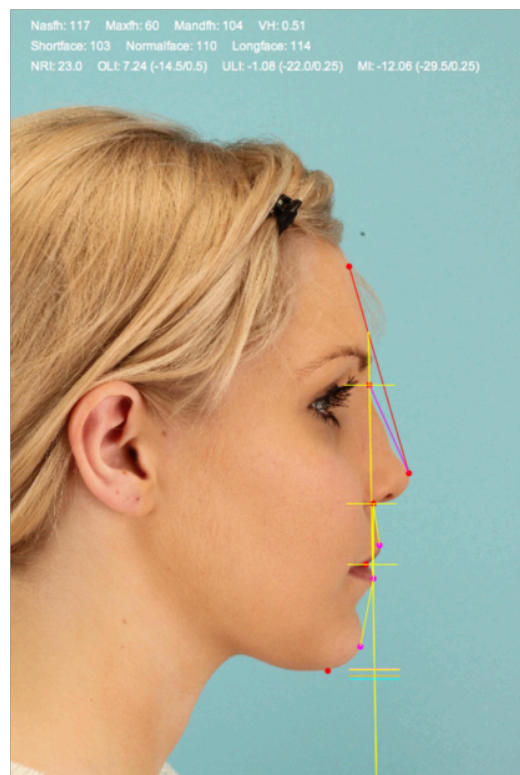
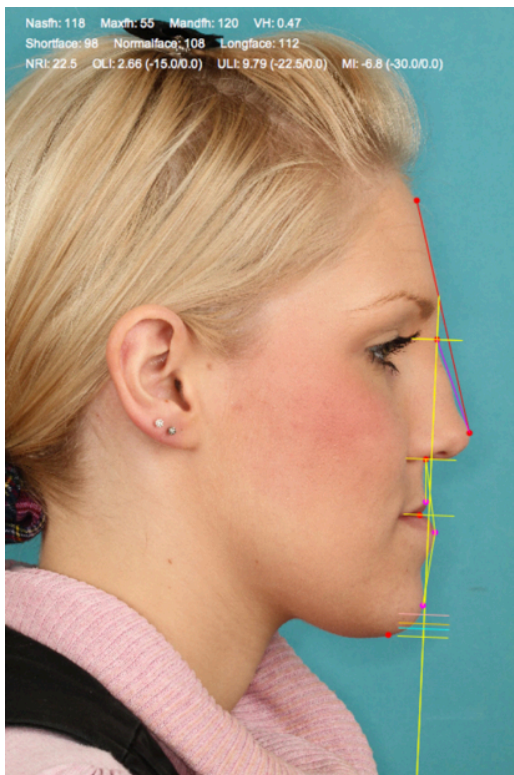


Abbildung 3-8: Rob Mulié-Analyse vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie



Abbildung 3-9: Klasse III – Profilbilder vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie (mit freundlicher Genehmigung der Patientin)

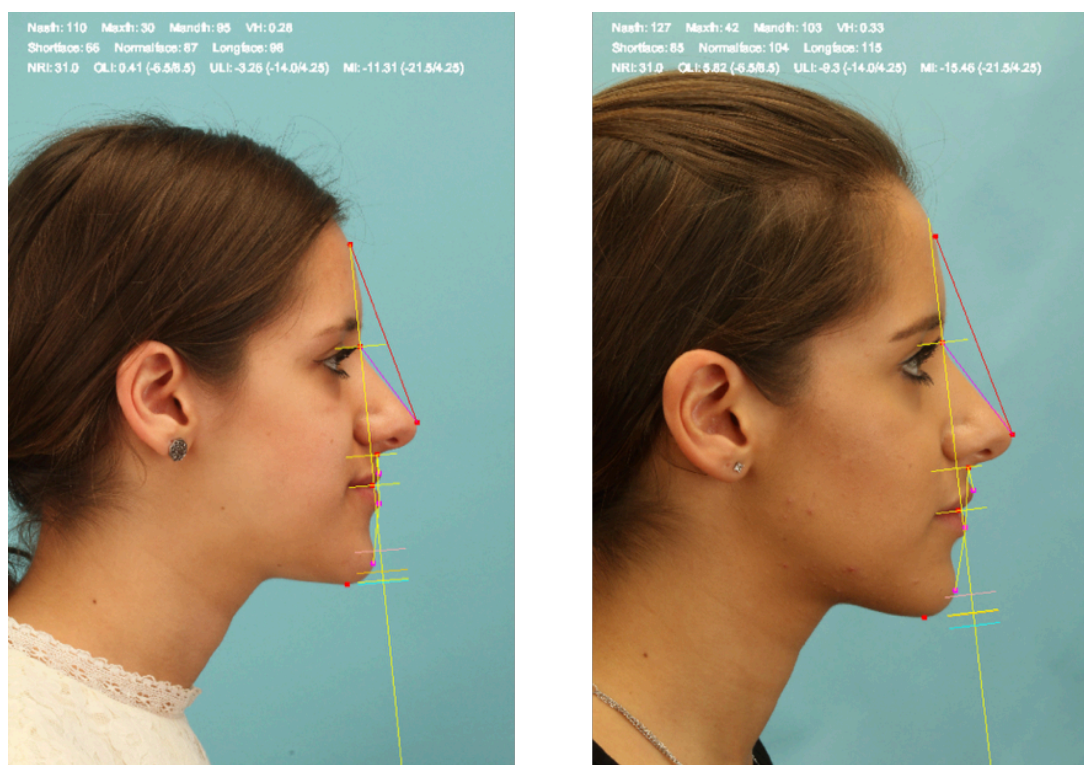


Abbildung 3-10: Rob Mulié-Analyse vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie

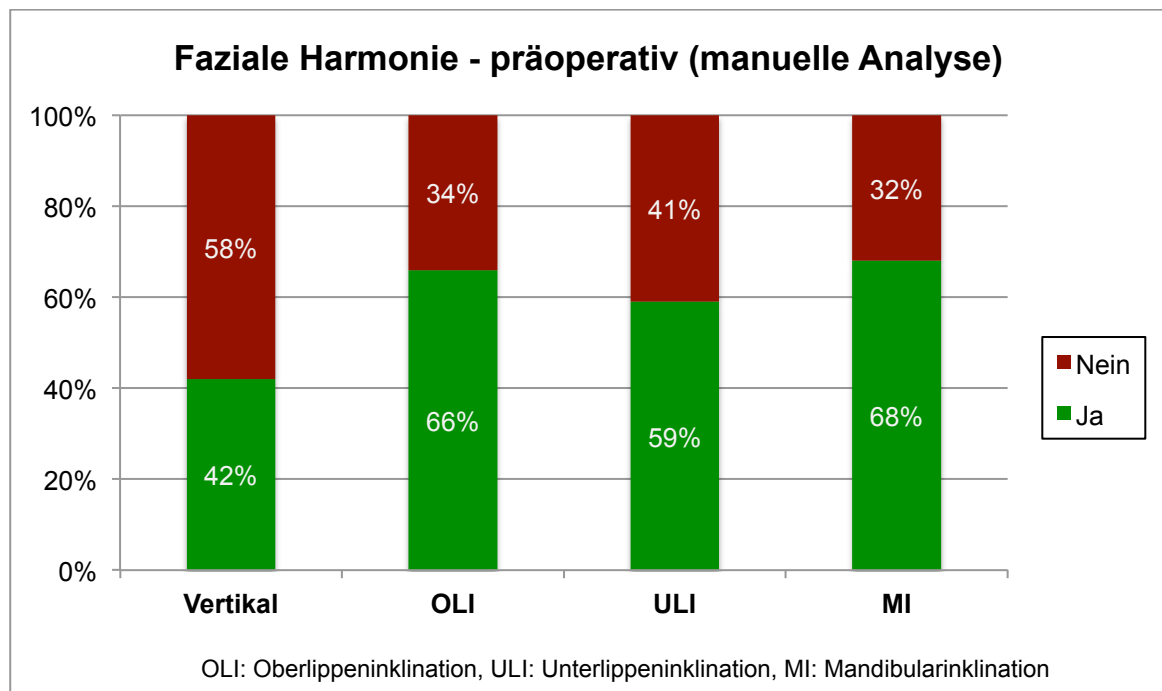


Abbildung 3-11: Vorliegen einer fazialen Harmonie – präoperativ (manuelle Analyse)

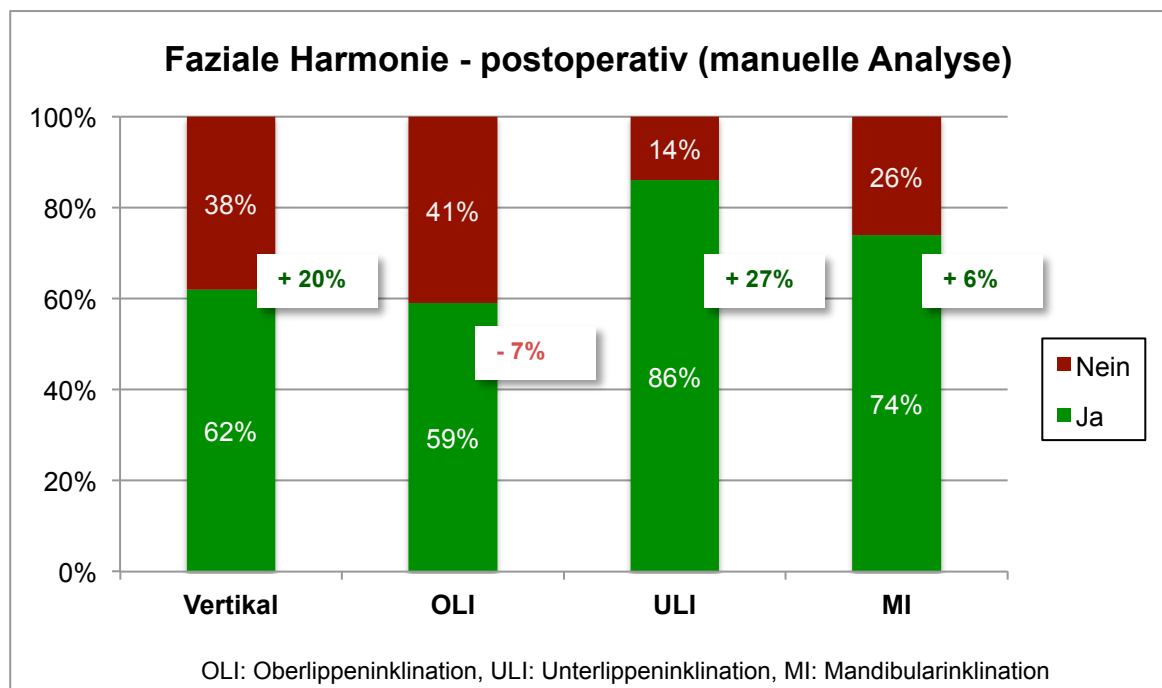


Abbildung 3-12: Vorliegen einer fazialen Harmonie – postoperativ (manuelle Analyse)

Zusammenfassend sind die Erfolgsraten der jeweiligen vertikalen und sagittalen Relationen (Vertikal, OLI, ULI und MI) in Tabelle 3-1 dargestellt. Die höchste Verbesserungsrate der fazialen Harmonie konnte mit einem prozentualen Zuwachs von 27% in Bezug auf die Unterlippeninklination (86%) erreicht werden.

Tabelle 3-1: Erfolgsraten nach der Operation

OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination

	Misserfolg	Erfolg	Prozent
Vertikal	61	99	62%
OLI	65	95	59%
ULI	22	138	86%
MI	42	118	74%

Da jedoch nicht nur die reinen Erfolgsraten von Bedeutung sind, wird zusätzlich überprüft, welche Faktoren den Erfolg oder Misserfolg am meisten beeinflussen. Dies wird mithilfe einer logistischen Regression untersucht. Dabei gehen die Variablen „Vertikal“, „MI“, OLI“ sowie „ULI“ ein. Das beste Modell zur Erklärung des Erfolges wird anhand des Aikake-Criterions (AIC) ausgewählt.

### 3.4.2 Vergleich der beeinflussenden Parameter

In Tabelle 3-2 lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Erfolg bzw. Misserfolg und den Parametern der präoperativen Einstufung in der vertikalen Relation (vertikal1), dem präoperativen Korridor der Oberlippeninklination (oli1c) und dem präoperativen Korridor der Mandibulainklination (mi1c) erkennen. Das heißt, die jeweilige präoperative Einstufung der vertikalen Relation, der Oberlippeninklination und der Mandibulainklination haben den größten Einfluss auf den Erfolg bzw. Misserfolg.

Tabelle 3-2: Zusammenhang zwischen dem Erfolg und den einflussreichsten erklärenden Parametern

vertikal1: vertikale Einstufung präoperativ, oli1c: Korridor der Oberlippeninklination präoperativ, m1c: Korridor der Mandibulainklination präoperativ. Das Symbol \* kennzeichnet einen signifikanten Zusammenhang.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)	
vertikal1	2	24,9	157	187,79	<0,001	***
oli1c	2	6,53	155	181,27	0,038	*
mi1c	2	7,26	153	174,01	0,027	*

Nun lässt sich noch anhand Tabelle 3-3 nachvollziehen, wie genau sich die präoperative Einstufung in der vertikalen und sagittalen Relation auf den Erfolg beziehungsweise Misserfolg beim Erreichen von fazialer Harmonie auswirkt. Es lässt sich erkennen, dass postoperativ bei 40 von insgesamt 68 Patienten, die präoperativ eine Longface-Einstufung (vertikal1: LF) hatten, keine faziale Harmonie vorliegt. Das bedeutet, dass bei mehr als der Hälfte dieser Patienten (58,82%) keine faziale Harmonie erreicht werden konnte. Betrachtet man die sagittalen Einflussparameter, so fällt auf, dass bei den Patienten mit präoperativ erhöhter Oberlippeninklination (oli1c: H) postoperativ bei 20 von 35 Patienten keine faziale Harmonie eintritt (57,14%). Bei den Patienten mit einer präoperativ erniedrigten Mandibulainklination (mi1c: L) kann ebenfalls bei fast der Hälfte der Patienten (44,45 %) keine Normalisierung erreicht werden.

Tabelle 3-3: Zusammenhang zwischen der jeweiligen Einstufung der einflussreichsten erklärenden Parameter und dem Erfolg bzw. Misserfolg

vertikal1: vertikale Einstufung präoperativ (NF: Normalface, SF: Shortface, LF: Longface), oli1c: Korridor der Oberlippeninklination präoperativ (N: Normal, H: High, L: Low), m1c: Korridor der Mandibulainklination präoperativ (N: Normal, H: High, L: Low), n: absolute Anzahl

	Einstufung	Erfolg: nein		Erfolg: ja	
		n	%	n	%
vertikal1	NF	12	19,7	55	55,6
	SF	9	14,8	16	16,2
	LF	40	65,6	28	28,3
oli1c	N	37	60,7	69	69,7
	H	20	32,8	15	15,2
	L	4	6,6	15	15,2
mi1c	N	38	62,3	71	71,7
	H	7	11,5	8	8,1
	L	16	26,2	20	20,2

Um weitere eventuell schlechter zu korrigierende Konfigurationen aufzudecken, erfolgt in Tabelle 3-4 eine Unterscheidung der Erfolge in Bezug auf die jeweilige Angle-Klasse. Es lassen sich zwei Auffälligkeiten feststellen: Zum einen ist bei den Klasse III-Patienten in der vertikalen Analyse auffällig, dass 46,7% und damit fast die Hälfte der operierten Klasse III-Patienten nicht erfolgreich in den Normface-Korridor für faziale Harmonie überführt werden konnten. Zum anderen ist bei den Klasse II-Patienten in Bezug auf die sagittale Relation festzustellen, dass ebenfalls fast die Hälfte der Patienten (46,9%) nicht in den Normwert-Korridor der Mandibulainklination überführt werden konnten. Durch den exakten Test nach Fisher lässt sich statistisch nachweisen, dass bei den Klasse III-Patienten in der

vertikalen ( $p < 0,05$ ) und bei den Klasse II-Patienten in der sagittalen Relation ( $p < 0,001$ ) ein geringerer relativer Erfolg gemessen werden kann.

Tabelle 3-4: Erfolgstabelle (manuelle Analyse) – Aufteilung nach Angle-Klassen

OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination, \*Exakter Test nach Fischer: ergab in der vertikalen Relation ( $p < 0,05$ ) und in der sagittalen Relation in Bezug auf die Mandibulainklination ein signifikantes Ergebnis ( $p < 0,01$ ).

Erfolg		Angle-Klasse	JA	(%)	NEIN	(%)	Gesamt	p*
Vertikal	Klasse I	3	75,0%	1	25,0%	4	p=0,025*	
	Klasse II	47	73,4%	17	26,6%	64		
	Klasse III	49	53,3%	43	46,7%	92		
	Gesamt	99	61,9%	61	38,1%	160		
OLI	Klasse I	3	75,0%	1	25,0%	4	p=0,623	
	Klasse II	40	62,5%	24	37,5%	64		
	Klasse III	52	56,5%	40	43,5%	92		
	Gesamt	95	59,4%	65	40,6%	160		
ULI	Klasse I	4	100,0%	0	0,0%	4	p=0,716	
	Klasse II	57	89,1%	7	10,9%	64		
	Klasse III	77	83,7%	15	16,3%	92		
	Gesamt	138	86,2%	22	13,8%	160		
MI	Klasse I	4	100,0%	0	0,0%	4	p<0,001*	
	Klasse II	34	53,1%	30	46,9%	64		
	Klasse III	80	86,9%	12	13,1%	92		
	Gesamt	118	73,8%	42	26,2%	160		

Die zuvor beschriebenen Ergebnisse lassen sich mit Blick auf die Logistische Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen in Tabelle 3-5 nochmals bestätigen. In dieser gekürzten Tabelle sind nur diejenigen Parameter gelistet, die einen signifikanten Unterschied bezüglich der jeweiligen Normwerte aufweisen. Auffällig ist wiederum, dass in der vertikalen Relation die präoperative Longface-Konfiguration (Vertikal: LF) und in der sagittalen Relation sowohl die präoperativ niedrige Mandibulainklination (MI: L) als auch die präoperativ erhöhte Unterlippeninklination (ULI: H) einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg beziehungsweise Misserfolg haben.



Tabelle 3-5: Logistische Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen

LF: Longface-Konfiguration, OLI:H: Oberlippeninklination, MI: Mandibulainklination, ULI: Unterlippeninklination, ...L: Low, ...H: High

Erfolg Vertikal	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	p
Vertikal: LF	-2,17	0,11	0,05	0,27	0,45	-4,79	<0,001
OLI: H	-1,01	0,36	0,14	0,9	0,47	-2,15	0,031
MI: L	-1,33	0,26	0,09	0,7	0,51	-2,61	0,009

Erfolg MI	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	p
MI: L	-2,19	0,11	0,04	0,28	0,49	-4,47	<0,001
MI: H	-1,75	0,17	0,05	0,6	0,63	-2,77	0,02

Erfolg OLI	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	p
OLI: H	-1,09	0,34	0,12	0,88	0,5	-2,19	0,029
OLI: L	-1,15	0,32	0,1	0,95	0,57	-2,03	0,042
MI: H	2,08	7,98	2,02	42,03	0,76	2,75	0,006
ULI: H	-0,96	0,38	0,16	0,93	0,45	-2,12	0,034
ULI: L	-1,98	0,14	0,03	0,5	0,69	-2,87	0,004

Erfolg ULI	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	p
ULI: H	-2,24	0,11	0,03	0,34	0,63	-3,54	<0,001
ULI: L	-2,74	0,06	0,01	0,3	0,8	-3,42	0,001

### 3.4.3 Prä- zu postoperativem Vergleich der Nasenrückeninklination (NRI)

Da zufällig beim Vergleich einiger prä- und postoperativer Patientenfotos eine leichte Abweichung der Nasenspitze aufgefallen war, ergab sich die Frage, ob die Umstellungsoperation eventuelle Veränderungen der Nasenspitze der Patienten zur Folge hat. Dies würde sich in differenzierenden Werten der postoperativen Nasenrückeninklination (NRI) widerspiegeln. Hierfür wurde ein paarweiser t-Test zum Vergleich der Differenzen von prä- zu postoperativen NRI-Werten angewandt. Außerdem wurde eine lineare Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen durchgeführt, um eventuelle beeinflussende Faktoren nach dem Aikaike-Criterion (AIC ) herauszufiltern.

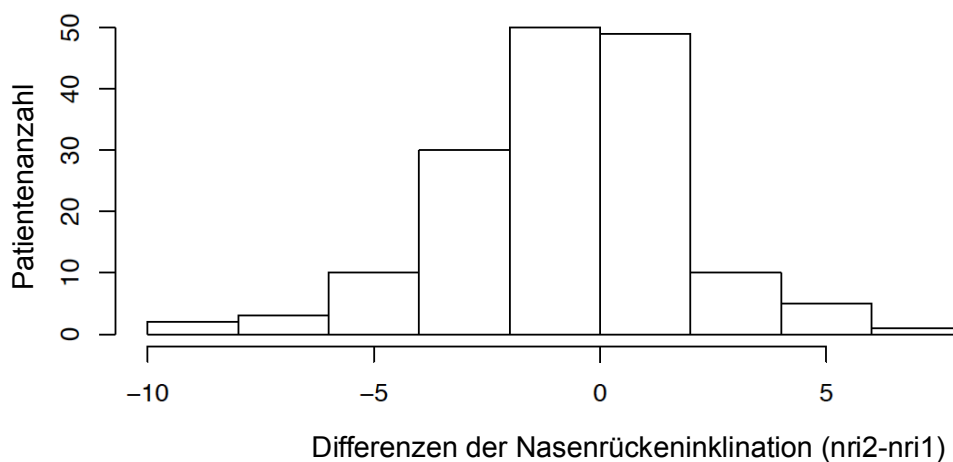


Abbildung 3-13: Histogramm nri2-nri1 (manuelle Analyse)

nri2: Nasenrückeninklination postoperativ, nri1: Nasenrückeninklination präoperativ

Anhand des Histogramms aus Abbildung 3-13 lässt sich eine annähernde Normalverteilung der Differenzen der Nasenrückeninklinationen prä- zu postoperativ erkennen. Das heißt, dass die Voraussetzungen für die Durchführung des paarweisen t-Tests zur Untersuchung zweier abhängiger Stichproben erfüllt sind.

Die Tabelle 3-6 belegt, dass der Mittelwert der Differenzen der prä- und postoperativen NRI-Werte bei  $-0,24 (\pm 2,57)$  liegt. Die Differenzen liegen zu 95% zwischen  $-2$  und  $+1$ . Das heißt, man kann nachweisen, dass sich die Abweichung der prä- zu den postoperativen NRI-Werten nicht signifikant von Null unterscheidet. Im Umkehrschluss bedeutet dies klinisch, dass sich die Position der Nasenspitze durch die Operation nicht signifikant verändert hat.

Tabelle 3-6: Wertetabelle zu Histogramm aus Abbildung 3-13

NRI1: Nasenrückeninklination präoperativ, NRI2: Nasenrückeninklination postoperativ,  
diff.NRI: Differenz NRI2 – NRI1

	N	Mean	SD	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
NRI1	160	29,23	3,68	22,5	26	29	32	37,5
NRI2	160	28,99	3,31	20	27	29	31	39
diff.NRI	160	-0,24	2,57	-8,5	-2	0	1	6,5

p= 0,2321, t = 1.1995, alternative Hypothesis: true difference in means is not equal to 0,95 percent  
confidence interval: -0,157826 0,6450826 sample estimates: mean of the differences 0,24375

Wenn man einen Blick auf die eventuell beeinflussenden Variablen wirft, so fällt auf, dass bei den Patienten mit präoperativer Shortface-Konfiguration (Vertikal1: SF) die größte Abweichung des Mittelwertes der Differenzen zwischen prä- und postoperativem NRI-Wert ( $-1,26 \pm 2,87$ ) vorliegt. In Bezug auf die sagittale Relation liegt die stärkste Abweichung ( $-1,05 \pm 2,84$ ) bei den Patienten mit einer kleinen Oberlippeninklination (oli1c: L) (vgl. Tabelle 3-7).

Tabelle 3-7: Differenzen aufgegliedert nach den Gruppen Vertikal1 und oli1c

diff.nri: Differenz NRI2 - NRI1, Vertikal1: vertikale Relation präoperativ (NF: Normalface, SF: Shortface, LF: Longface, oli1c: präoperativer Korridor der Oberlippeninklination (N: Normal, H: High, L: Low)

	Vertikal1	N	Mean	SD	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
diff.NRI	NF	67	-0,16	2,59	-8,5	-1,5	0	1	6,5
	SF	25	-1,26	2,87	-8,5	-2	-1	0	4
	LF	68	0,05	2,37	-7	-1	0	1	5
	oli1c	N	Mean	SD	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
diff.NRI	N	106	-0,23	2,37	-7	-2	0	1	6
	H	35	0,16	2,95	-8,5	-0,5	1	1	6,5
	L	19	-1,05	2,84	-8,5	-2,5	0	1	3

### 3.5 Digitale Analyse

#### 3.5.1 Prä- zu postoperativem Vergleich der fazialen Harmonie

Die statistische Auswertung der digitalen Analyse ergab, dass präoperativ bei 68 von 160 Patienten (43%) eine faziale Harmonie in der vertikalen Relation vorlag, das heißt bei über der Hälfte (57%) lag entweder eine Short- oder Longface- Konfiguration vor. Durch die Umstellungsosteotomie konnte postoperativ bei 108 Patienten (68%) eine vertikale Normface-Konfiguration erreicht werden. Das heißt bei 32% der Patienten trat eine Normalisierung des vertikalen Gesichtsprofils ein. Bei den Werten Oberlippeninklation (OLI), Unterlippeninklation (ULI) und Mandibulainklation (MI) konnte jeweils eine Normalisierung des sagittalen Gesichtsprofils bei 2%, 19%, beziehungsweise 7% der Patienten erreicht werden. (vgl. Abbildung 3-14)

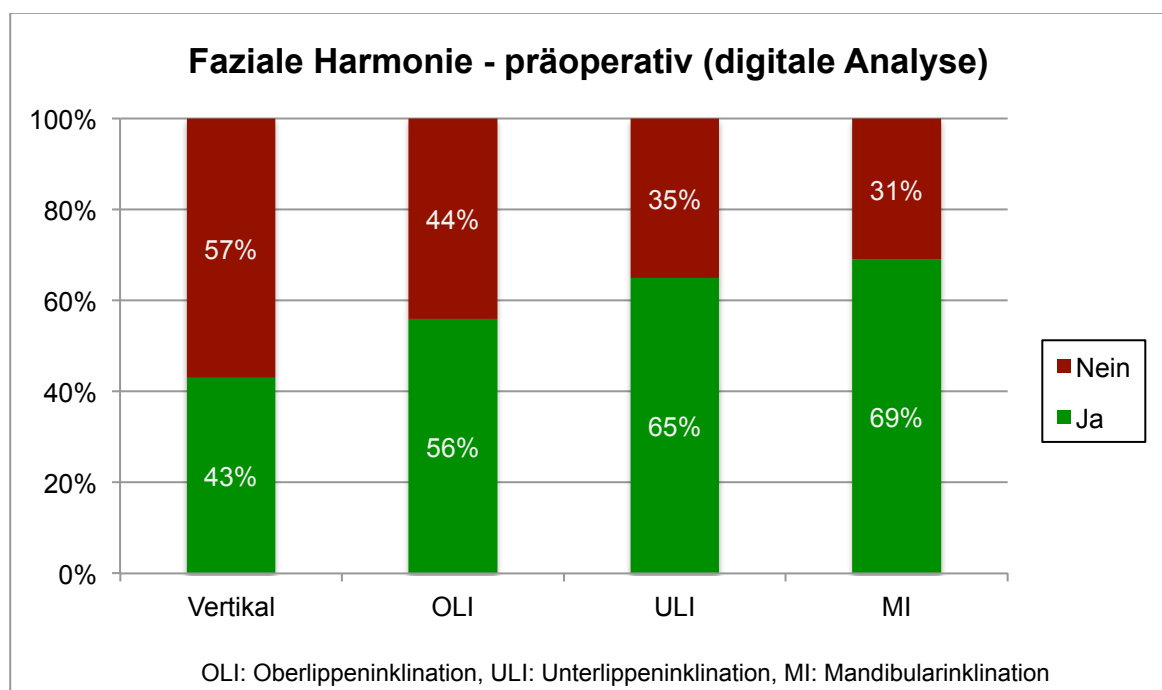


Abbildung 3-14: Vorliegen einer fazialen Harmonie – präoperativ (digitale Analyse)

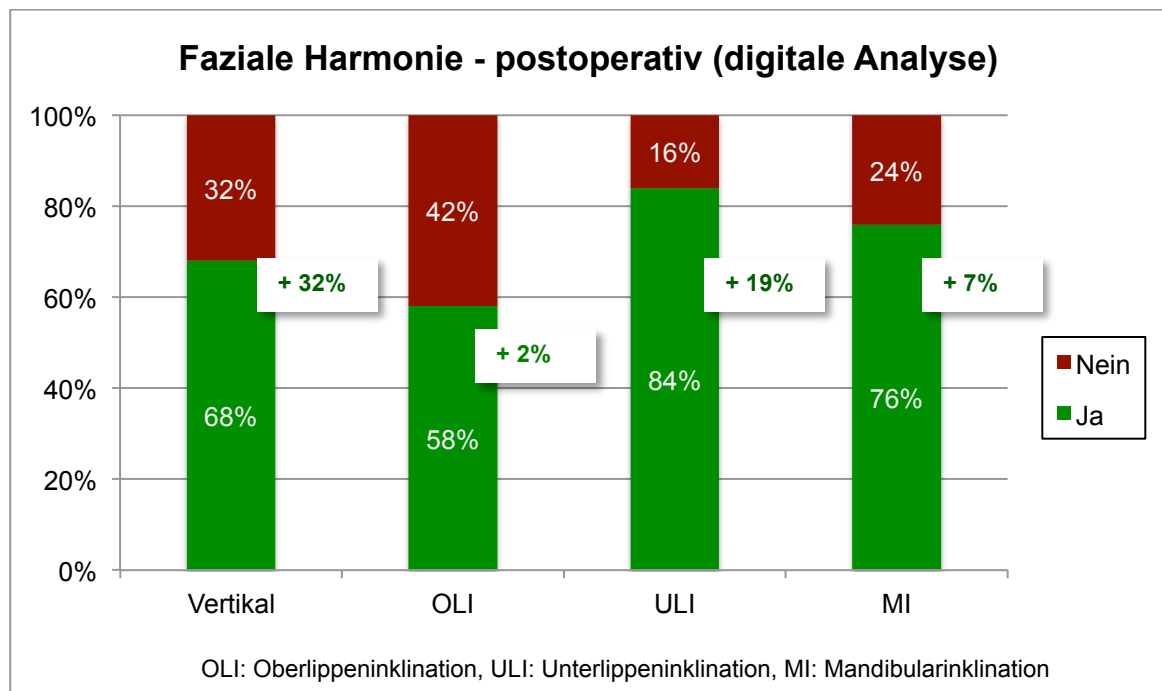


Abbildung 3-15: Vorliegen einer fazialen Harmonie – postoperativ (digitale Analyse)

Zusammenfassend sind die Erfolgsraten der jeweiligen vertikalen und sagittalen Relationen (OLI, ULI und MI) in Tabelle 3-8 dargestellt. Die höchste Verbesserungsrate der fazialen Harmonie konnte mit einem prozentualen Zuwachs von 32% in Bezug auf die vertikale Relation erreicht werden.

Tabelle 3-8: Erfolgsraten nach der Operation (digitale Analyse)

OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibularinklination

	Misserfolg	Erfolg	Prozent
Vertikal	52	108	68%
OLI	68	92	58%
ULI	26	134	84%
MI	39	121	76%

Da jedoch nicht nur die reinen Erfolgsraten von Bedeutung sind, wird zusätzlich überprüft, welche Faktoren den Erfolg oder Misserfolg am meisten beeinflussen. Dies wird mithilfe einer logistischen Regression untersucht. Dabei gehen die Variablen „Vertikal“, „MI“, OLI“ sowie „ULI“ ein. Das beste Modell zur Erklärung des Erfolges wird anhand des Aikake-Criterions (AIC) ausgewählt.

### 3.5.2 Vergleich der beeinflussenden Parameter

In Tabelle 3-9 lässt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Erfolg bzw. Misserfolg in vertikaler Richtung und den Parametern vertikal1 und oli1c erkennen. Das heißt, die präoperative Einstufung der vertikalen Relation und der Oberlippeninklination haben den größten Einfluss auf den Erfolg bzw. Misserfolg im Erreichen von harmonischen Verhältnissen.

Tabelle 3-9: Zusammenhang zwischen dem Erfolg und den einflussreichsten erklärenden Parametern (digitale Analyse)

vertikal1: vertikale Einstufung präoperativ, oli1c: Korridor der Oberlippeninklination präoperativ, m/w: Geschlecht (männlich/weiblich). Das Symbol \* kennzeichnet einen signifikanten Zusammenhang.

	Df	Deviance	Resid. Df	Resid. Dev	Pr(>Chi)	
vertikal1	2	26,73	157	175,06	<0,001	***
oli1c	2	6,05	155	169,01	0,049	*
m/w	1	2,21	154	166,79	0,137	

Anhand der Tabelle 3-10 lässt sich auch in der digitalen Analyse die Tendenz der klinischen Beobachtungen bestätigen. Bei den Patienten, bei denen präoperativ eine Longface-Konfiguration (vertikal1: LF) vorliegt, wurde nur eine Erfolgsrate von nur 47,5% erzielt.

Tabelle 3-10: Zusammenhang zwischen der jeweiligen Einstufung der einflussreichsten erklärenden Parameter und dem Erfolg bzw. Misserfolg (digitale Analyse)

vertikal1: vertikale Einstufung präoperativ (NF: Normalface, SF: Shortface, LF: Longface), oli1c: Korridor der Oberlippeninklination präoperativ (N: Normal, H: High, L: Low), m1c: Korridor der Mandibulainklination präoperativ (N: Normal, H: High, L: Low), n: absolute Anzahl

	Einstufung	Erfolg: nein		Erfolg: ja	
		n	%	n	%
vertikal1	NF	8	15,4	60	55,6
	SF	12	23,1	19	17,6
	LF	32	61,5	29	26,9
oli1c	N	28	53,8	61	56,5
	H	24	46,2	42	38,9
	L	0	0,0	5	4,6
m/w	m	18	34,6	43	39,8
	w	34	65,4	65	60,2

Nach Aufschlüsselung der Erfolge in Bezug auf die jeweilige Angle-Klasse, ergeben sich die in Tabelle 3-11 aufgelisteten Werte. Auch bei der digitalen Analyse lässt sich bestätigen, dass die Klasse II-Patienten mit 42,2% Misserfolg signifikant schlechter in der sagittalen Relation bezüglich der Mandibulainklination eingestellt werden konnten. Anders als bei der manuellen Analyse (Goldstandard), bei der 46,7% der Klasse III-Patienten in der vertikalen Relation nicht in den Normface-Korridor überführt werden konnten, zeigen die Ergebnisse der digitalen Analyse mit nur 35,9% einen deutlich niedrigeren Wert. Negativ auffällig ist jedoch, dass die Klasse III-Patienten in Bezug auf die Oberlippeninklination mit 54,3% Misserfolg signifikant schlechter in den Normfacekorridor überführt werden konnten.

Tabelle 3-11: Erfolgstabelle (digitale Analyse) – nach Angle-Klassen

OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination, \*Exakter Test nach Fischer

Erfolg		JA	(%)	NEIN	(%)	Gesamt	p
Vertikal	Klasse I	3	75,0%	1	25,0%	4	p=0,602
	Klasse II	46	71,9%	18	28,1%	64	
	Klasse III	59	64,1%	33	35,9%	92	
	Gesamt	108	67,5%	52	32,5%	160	
OLI	Klasse I	3	75,0%	1	25,0%	4	p<0,001
	Klasse II	47	73,4%	17	26,6%	64	
	Klasse III	42	45,7%	50	54,3%	92	
	Gesamt	92	57,5%	68	42,5%	160	
ULI	Klasse I	4	100,0%	0	0,0%	4	p=0,085
	Klasse II	58	90,6%	6	9,4%	64	
	Klasse III	72	78,3%	20	21,7%	92	
	Gesamt	134	83,8%	26	16,2%	160	
MI	Klasse I	4	100,0%	0	0,0%	4	p<0,001
	Klasse II	37	57,8%	27	42,2%	64	
	Klasse III	80	86,9%	12	13,1%	92	
	Gesamt	121	75,6%	39	24,4%	160	

Exakter Test nach Fisher \*

Auch bei der digitalen Analyse ist der Einsatz der logistischen Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen, welche in Tabelle 3-12 dargestellt ist, hilfreich. Die gekürzte Tabelle listet nur diejenigen Parameter, welche einen signifikanten Unterschied bezüglich der jeweiligen Normwerte aufweisen. In der vertikalen Relation haben sowohl die Longface- (LF) als auch die Shortface- (SF) Konfiguration einen signifikanten Einfluss auf den Erfolg oder Misserfolg. In der sagittalen Relation sind es jeweils die erhöhte und erniedrigte Mandibulainklination (MI:H, MI:L), die erhöhte Oberlippeninklination (OLI:H) und die erhöhte Unterlippeninklination (ULI:H).

Tabelle 3-12: Logistische Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen (digitale Analyse)

LF: Longface-Konfiguration, OLI:H: Oberlippeninklination, MI: Mandibulainklination, ULI: Unterlippeninklination, ...L: Low, ...H: High

Erfolg Vertikal	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	Pr(> z )
Vertikal: SF	-1,48	0,23	0,08	0,65	0,54	-2,74	0,006
Vertikal: LF	-2,37	0,09	0,03	0,23	0,49	-4,87	<0,001
Erfolg MI	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	Pr(> z )
MI: H	-4,77	0,01	0,00	0,06	1,16	-4,13	<0,001
MI: L	-3,26	0,04	0,01	0,11	0,55	-5,98	<0,001
Erfolg OLI	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	Pr(> z )
OLI: H	-2,67	0,07	0,03	0,16	0,45	-5,94	<0,001
MI: L	1,08	2,95	1,01	9,33	0,56	1,92	0,055
ULI: H	-0,90	0,41	0,15	1,07	0,49	-1,82	0,068
ULI: L	-1,53	0,22	0,04	1,43	0,91	-1,68	0,0093
Erfolg ULI	Estimate	Odds Ratio	CI (lower)	CI (upper)	Std. Error	z value	Pr(> z )
OLI: H	-1,47	0,23	0,06	0,75	0,63	-2,32	0,02
ULI: H	-2,36	0,09	0,02	0,29	0,62	-3,82	<0,001
ULI: L	-2,67	0,07	0,01	0,63	1,04	-2,56	0,01



### 3.5.3 Prä- zu postoperativem Vergleich der Nasenrückeninklination (NRI)

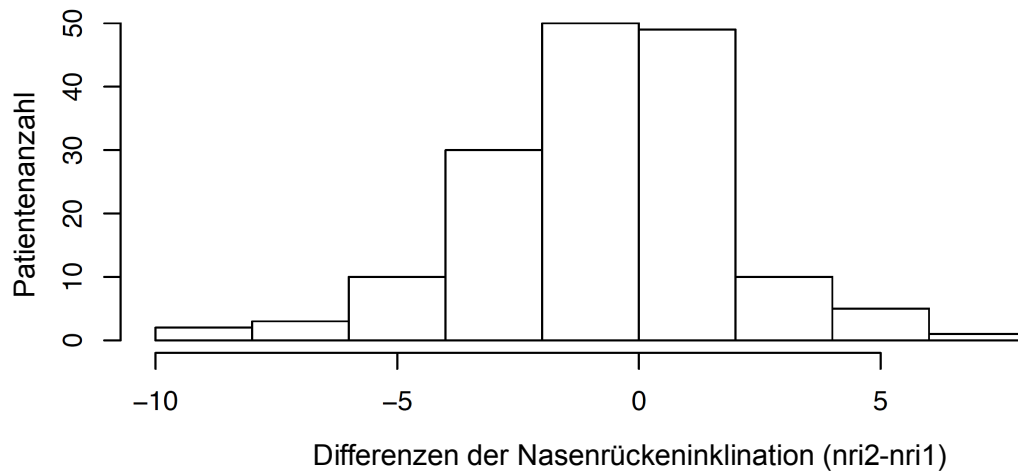


Abbildung 3-16: Histogramm nri2-nri1 (digitale Analyse)

nri2: Nasenrückeninklination postoperativ, nri1: Nasenrückeninklination präoperativ

Anhand des Histogramms aus Abbildung 3-16, welches die Differenzen der NRI-Werte aus der digitalen Analyse darstellt, lässt sich eine annähernde Normalverteilung der Differenzen der Nasenrückeninklinationen prä- zu postoperativ erkennen. Das heißt, dass die Voraussetzungen für die Durchführung des paarweisen t-Tests zur Untersuchung zweier abhängiger Stichproben erfüllt sind.

Die Tabelle 3-6 belegt, dass der Mittelwert der Differenzen der prä- und postoperativen NRI-Werte bei 0,63 ( $\pm 1,42$ ) liegt. Die Differenzen liegen zu 95% zwischen 0 und 1,5. Das heißt, dass auch bei der digitalen Analyse das Ergebnis der manuellen Analyse bestätigt wird. Die Abweichung der prä- und postoperativen NRI-Werte unterscheidet sich nicht signifikant von Null.

Tabelle 3-13: Wertetabelle zu Histogramm aus Abbildung 3-16

NRI1: Nasenrückeninklination präoperativ, NRI2: Nasenrückeninklination postoperativ,  
diff.NRI: Differenz NRI2 - NRI1

	N	Mean	SD	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
NRI1	160	27,4	2,84	22,5	25	27	30	34
NRI2	160	28	3	22,5	26	28	30,5	35
diff.NRI	160	0,63	1,42	-3	0	0,75	1,5	5

p= 8,644e-0,8 t = -5.6131, alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0 95 percent confidence interval: -0.8533573 -0.4091427 sample estimates: mean of the differences -0.63125

Wenn man einen Blick auf die vertikale Relation vor der Operation wirft, so fällt auf, dass bei den Patienten mit Shortface-Konfiguration (Vertikal1: SF) die größte Abweichung des Mittelwertes der Differenzen zwischen prä- und postoperativem NRI-Wert ( $-1,26 \pm 2,87$ ) vorliegt. In Bezug auf die sagittale Relation liegt die stärkste Abweichung ( $-1,05 \pm 2,84$ ) bei den Patienten mit einer präoperativ erhöhten Oberlippeninklination (oli1c: H) (vgl. Tabelle 3-14).

Tabelle 3-14: Differenzen aufgegliedert nach den Gruppen Vertikal1 und oli1c

diff.nri: Differenz NRI2 - NRI1, Vertikal1: vertikale Relation präoperativ (NF: Normalface, SF: Shortface, LF: Longface, oli1c: präoperativer Korridor der Oberlippeninklination (N: Normal, H: High, L: Low))

	vertikal1	N	Mean	SD	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
diff.NRI	NF	67	-0,16	2,59	-8,5	-1,5	0	1	6,5
	SF	25	-1,26	2,87	-8,5	-2	-1	0	4
	LF	68	0,05	2,37	-7	-1	0	1	5
	oli1c	N	Mean	SD	Min.	Q1	Median	Q3	Max.
diff.NRI	N	106	-0,23	2,37	-7	-2	0	1	6
	L	35	0,16	2,95	-8,5	-0,5	1	1	6,5
	H	19	-1,05	2,84	-8,5	-2,5	0	1	3

### 3.6 Vergleich der Messmethoden (manuell – digital)

Wie in der Methodik (vgl. Kapitel 2.2.4) bereits erläutert, wurde ein digitales Programm zur Auswertung der Rob Mulié-Analysen entwickelt. Mit Hilfe dieses Programmes, welches direkt am Patienten (Chairside) eingesetzt werden kann, erzielt man einen erheblichen Zeitgewinn gegenüber der manuellen Analyse. Ein erfahrener Behandler benötigt für die Durchführung der manuellen Weichteilanalyse erfahrungsgemäß etwa fünf bis zehn Minuten pro Bearbeitungsfall. Durch die digitale Analyse kann die Bearbeitung auf unter zwei Minuten verkürzt werden. Für die Validierung des Verfahrens wurden alle 160 prä- und postoperativen Rob Mulié-Analysen erneut durchgeführt. Diese 320 Messungen wurden dann mit den 320 Messungen der manuellen Analyse verglichen und anschließend auf eventuell vorhandene Abweichungen überprüft. Der Methodenunterschied wurde statistisch mit Hilfe der Bland-Altman-Analyse [76] untersucht. Diese Analyse eignet sich besonders gut, um die Messdifferenzen zu visualisieren und zu bewerten.

In Tabelle 3-15 sind die einzelnen Differenzen aller manuellen und digitalen Messungen aufgelistet. Betrachtet man die Werte  $vh1$  (nasomaxilläre Verhältniszahl präoperativ) und  $vh2$  (nasomaxilläre Verhältniszahl postoperativ), so liegt die mittlere Differenz bei jeweils 0 ( $\pm 0$ ). Das heißt, die 320 Werte der manuellen Analyse entsprechen den 320 Werten der digitalen Analyse. Bei der Betrachtung der anderen Werte fallen jedoch große Differenzen für  $nasfh1$  (nasofaziale Höhe präoperativ), mit einer mittleren Abweichung von  $-65,2 (\pm 0,9)$  oder für  $nasfh2$  mit einer mittleren Abweichung von  $-64 (\pm 0,7)$  auf.

Ziel war es, das digitale Verfahren mit dem Goldstandard, welcher der manuellen Weichteilanalyse entspricht, zu vergleichen und herauszufinden ob digital ebenfalls zuverlässige Werte gemessen werden können. Hierzu liefert der Vergleich der Differenzen (manuell-digital) der Verhältniszahlen ( $vh1-vh2$ ) sehr valide Ergebnisse. Will man jedoch auch die anderen Werte miteinander vergleichen und herausfinden, ob die Werte beispielsweise ein festes Verhältnis zueinander haben, hat man die Möglichkeit, dies anhand von Bland-Altman-Plots nachzuvollziehen.

Die Bland-Altman-Plots zeigen einen negativen Trend der Differenzen. Nach logarithmischer Transformation zeigt sich dieser Trend jedoch nicht mehr. Das weist darauf hin, dass die Messwerte ein festes Verhältnis zueinander haben, z.B. immer 2-fach erhöht. (vgl. Abbildung 3-17, Abbildung 3-18 und Abbildung 3-19)

Tabelle 3-15: Differenzen zwischen den Messungen

..1: präoperativ, ..2: postoperativ, ..o: obere Grenze, ..u: untere Grenze, NasFH: Nasofaziale Höhe, MaxFH: maxillofaziale Höhe, MandFH: Mandibulofaziale Höhe, vh: nasomaxilläre Verhältniszahl, SF: Shortface, NF: Normalface, LF: Longface, NRI: Nasenrückeninklination, OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination

	Min.	Mean	Median	Max.	SE	Mean Ratio	Mean log diff.
nasfh1	-88	-65,2	-66	-30	0,9	0,43	-0,858
maxfh1	-40,5	-26,2	-26	-6	0,5	0,43	-0,863
mandfh1	-85	-56,5	-57,5	25	1,1	0,45	-0,831
vh1	-0,1	0	0	0,2	0	0,99	-0,018
sf1	-71	-49,4	-49,7	-16,1	0,7	0,42	-0,869
nf1	-78,8	-57	-58	-22,3	0,8	0,42	-0,863
lf1	-83,2	-61	-62,2	-26,2	0,8	0,42	-0,86
nasfh2	-95	-64	-64	-43	0,7	0,42	-0,862
maxfh2	-42	-26,7	-26	-17	0,4	0,42	-0,872
mandfh2	-79	-55,6	-55,5	-36	0,7	0,43	-0,853
vh2	-0,1	0	0	0,1	0	0,99	-0,011
sf2	-76,8	-49,4	-50,4	-32,9	0,6	0,42	-0,869
nf2	-85,7	-56,3	-57,2	-39,2	0,6	0,42	-0,865
lf2	-89,3	-60,1	-61,2	-41,3	0,7	0,42	-0,864
nri1	-5,5	1,8	2	10,5	0,2	1,07	0,062
oli1	-29	-1,7	-2,3	24,7	0,6	1,49	-0,12
uli1	-24,9	-0,5	-1,5	34,8	0,5	0,57	-0,007
mi1	-11,1	2,3	0,2	58,8	0,8	0,79	-0,015
oliu1	-5,5	1,8	2	10,5	0,2	0,81	
olio1	-5,5	1,8	2	10,5	0,2	1,54	0,305
uliu1	-5,5	1,8	1,8	10,5	0,2	0,9	
ulio1	-2,8	0,9	1	5,2	0,1	1,54	0,305
miu1	-6	1,8	1,5	10,5	0,2	0,93	
mio1	-2,8	0	1	5,2	0,1	1,54	0,305
oli2	-12	-2,9	-2,9	11,9	0,3	1,7	-0,332
uli2	-7,3	-1,7	-1,6	3,7	0,2	0,64	-0,094
mi2	-4,4	0	-0,1	17,4	0,2	0,99	0,123
nri2	-4	1	1	6	0,1	1,04	0,033
oliu2	-4	1	1	6	0,1	0,89	
olio2	-4	1	1	6	0,1	1,28	0,187
uliu2	-4	1	1	6	0,1	0,94	
ulio2	-2	0,5	0,5	3	0,1	1,28	0,187
miu2	-4	1	1	6	0,1	0,96	
mio2	-2	0,5	0,5	3	0,1	1,28	0,187

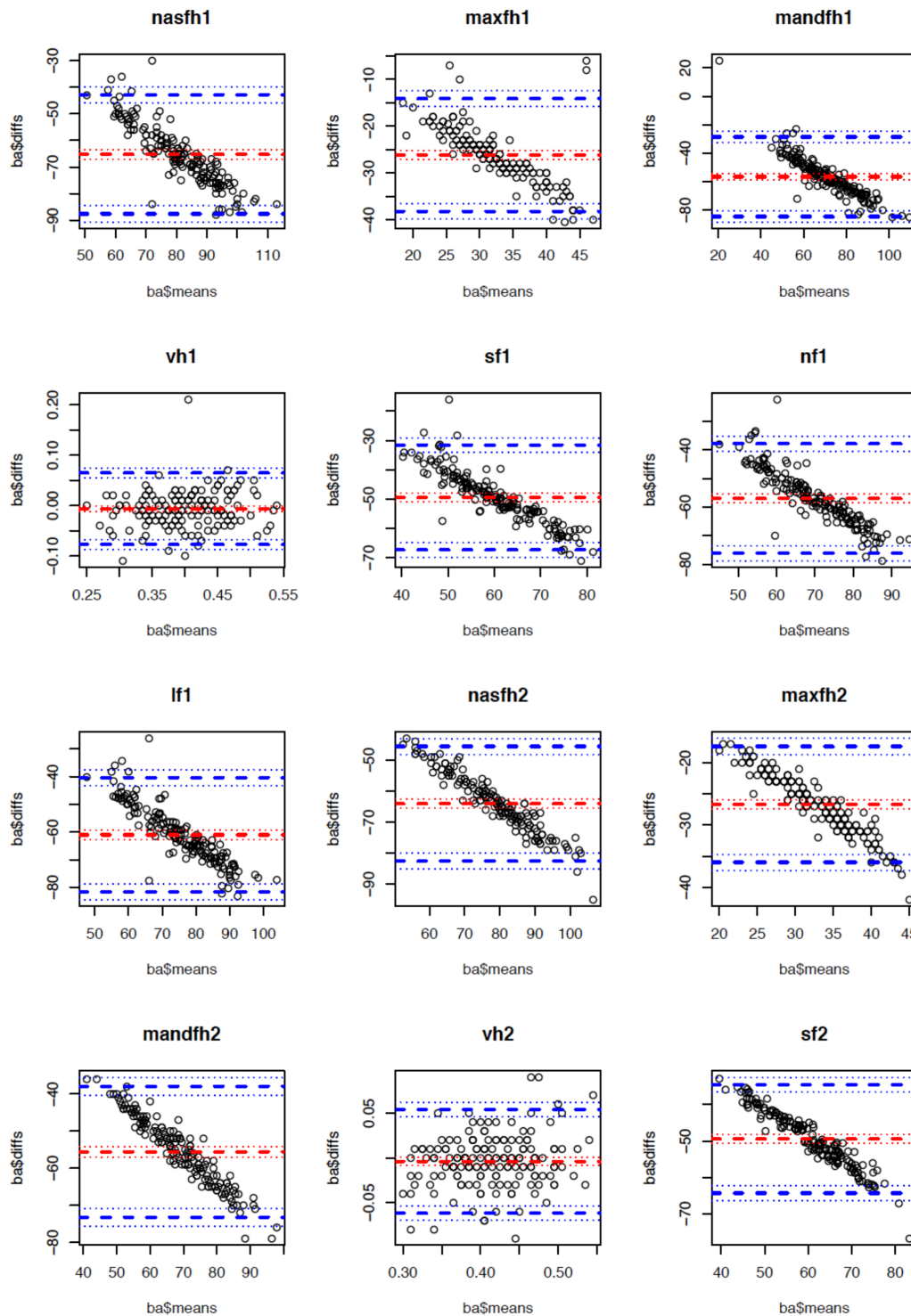


Abbildung 3-17: Bland-Altman-Plots

1: präoperativ, ..2: postoperativ, ..o: obere Grenze, ..u: untere Grenze, NasFH: Nasofaziale Höhe, MaxFH: maxillofaziale Höhe, MandFH: Mandibulofaziale Höhe, vh: nasomaxilläre Verhältniszahl, SF: Shortface, NF: Normalface, LF: Longface

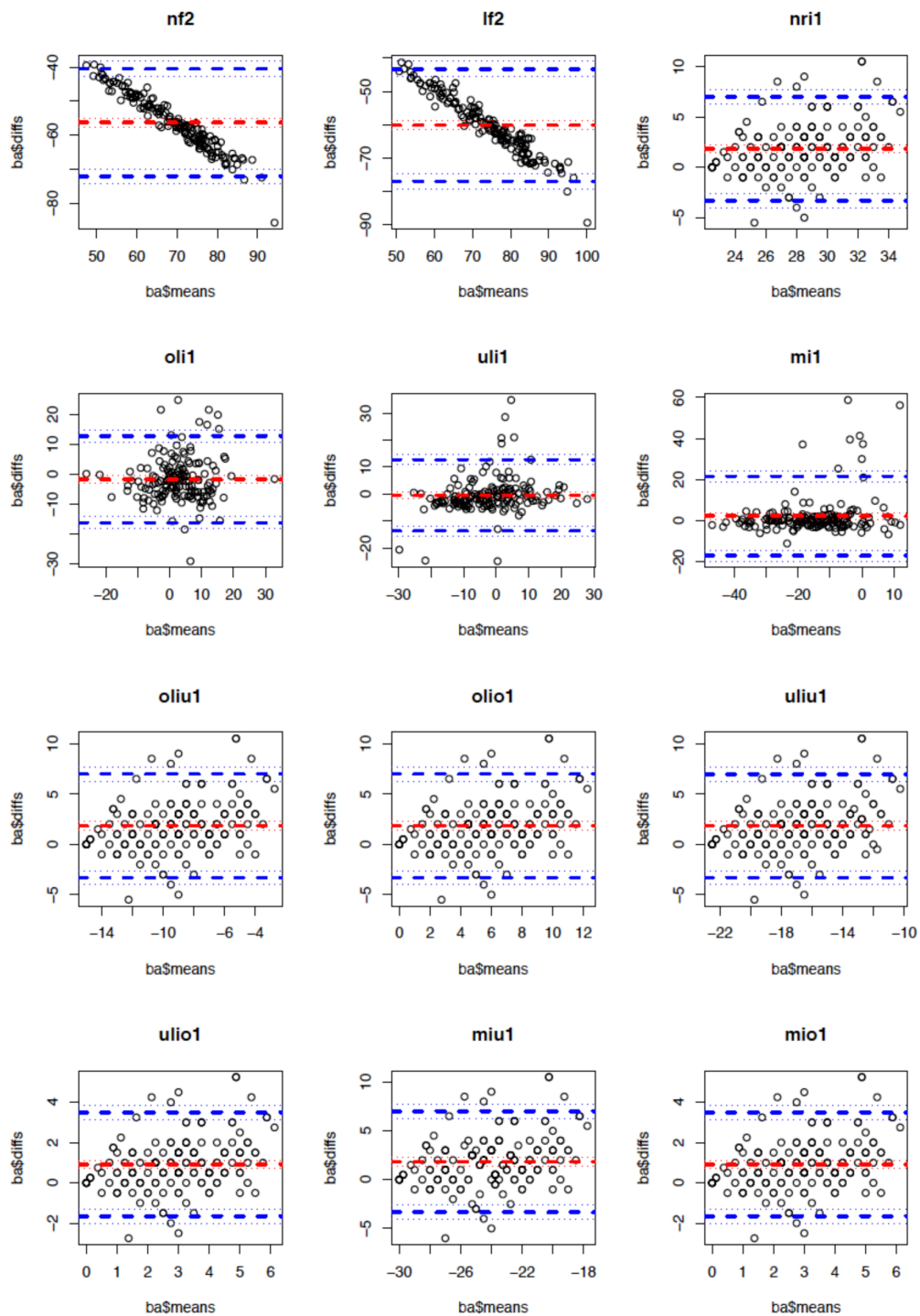


Abbildung 3-18: Bland-Altman-Plots

1: präoperativ, ..2: postoperativ, ..o: obere Grenze, ..u: untere Grenze, NF: Normalface, LF: Longface, NRI: Nasenrückeninklination, OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination

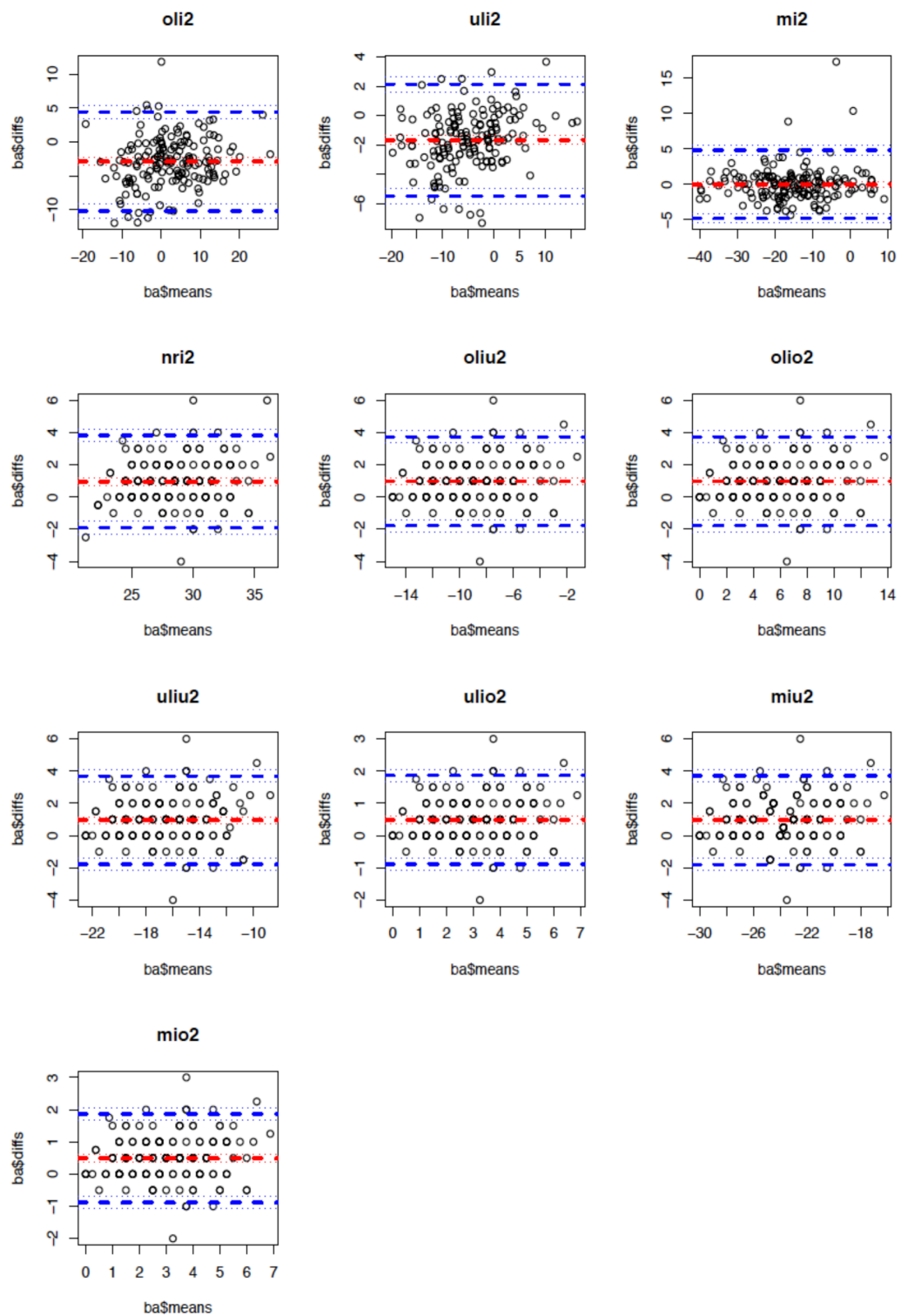


Abbildung 3-19: Bland-Altman-Plots

1: präoperativ, ..2: postoperativ, ..o: obere Grenze, ..u: untere Grenze, NRI: Nasenrückeninklination, OLI: Oberlippeninklination, ULI: Unterlippeninklination, MI: Mandibulainklination

## 4 Diskussion

Für viele Patienten ist in den vergangenen Jahren das äußere Erscheinungsbild in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt, vor allem wenn es darum geht, sich für eine Kieferumstellungsoperation zu entscheiden. Einige Autoren gehen sogar so weit und bezeichnen die Ästhetik als wichtigstes Entscheidungskriterium [59], [66], [117]. Somit sollten die Weichteilanalyse und die eventuelle Prognose des postoperativen Ergebnisses der Weichteilästhetik auch einen der wichtigsten Parameter in der präoperativen Planung darstellen [84]. Durch den Fortschritt der Digitalisierung ergeben sich viele neue Möglichkeiten in der präoperativen Diagnostik. Inwieweit digitale Programme, wie zum Beispiel der „dentofacial Planner“ eine zuverlässige Weichteilvorhersage treffen können, ist bereits in vielen Studien untersucht worden. EALES und CSAZAR sprechen von einer guten Weichteilvorhersage, beziehungsweise von einer zufriedenstellenden Prognose, welche mit dem Programm erreicht werden kann [23], [27]. Durch den Einsatz entsprechender Visualisierungsprogramme ergibt sich jedoch die Gefahr, eine erhöhte Erwartungshaltung des Patienten durch idealisierte Weichteilproportionen zu erzeugen. In der Abteilung für MKG in der Universitätsklinik Gießen hat sich daher die Einbindung einer solchen Weichteilprognosesoftware noch nicht etabliert. Dagegen ist die Weichteilanalyse nach Rob Mulié fester Bestandteil der präoperativen Planung. Nach erfolgreicher Validierung der digitalen Analysesoftware, ist die digitale Durchführung der Rob Mulié-Analyse mittlerweile fester Bestandteil im klinischen Alltag geworden.

### 4.1 Reproduzierbarkeit und Fehlerquellen der Messungen

Bei der Durchführung einer Weichteilanalyse ergeben sich einige Schwierigkeiten in der Reproduzierbarkeit, welche als eventuelle Fehlerquellen ausgemacht werden können. Die Rob Mulié-Analyse setzt entsprechend standardisierte Fotoaufnahmen der jeweiligen Patienten voraus [30], [96]. Bei der Abbildung dreidimensionaler Strukturen auf zweidimensionalen Aufnahmen entstehen immer Verzerrungen [37]. Bei den für diese Studie verwendeten Fotoaufnahmen gibt es keine Messskala, die als Referenz zur Erhebung metrischer Werte dient, weshalb lediglich Verhältnisse und Winkelmessungen sinnvoll und exakt auswertbar sind [114]. Darum sollte für zukünftige Erhebungen von Studien ein sogenanntes „Rob Mulié Foto“ mit einer metrischen Skala (vergleichbar mit der in der FRS-Aufnahme), in die standardisierte Fotodokumentation eingeführt werden.



Es besteht eine gewisse Ungenauigkeit in der Platzierung der Referenzpunkte, da es sich um Strecken handelt, auf denen die jeweiligen Punkte, vor allem der Punkt Menton, nicht exakt definiert werden können [11]. Um die beschriebenen Fehlerquellen zu minimieren, wurde ein eigenes digitales Rob Mulié Analyseprogramm zur Vereinfachung und Verbesserung der Reproduzierbarkeit entwickelt.

Bei der Weichteilanalyse anhand von Profilaufnahmen der Patienten gilt es ebenfalls zu beachten, dass eine Heilungszeit von mindestens 6 Monaten abgewartet wird, bevor die Profilaufnahmen gemacht werden. Erst ab diesem Zeitpunkt kann mit einer vollständigen Rückbildung des postoperativen Ödems, respektive Hämatoms und einer entsprechenden Rehabilitation des Weichgewebes und Knochens gerechnet werden [47]. Zudem kann eine inkorrekte Wiedergabe des Lippenprofils, hervorgerufen durch eventuell noch in-situ befindliche Multibracket-Apparaturen entstehen, weswegen eine standardisierte Fotografie erst nach Entbänderung des Patienten erfolgen sollte [51]. Als unbeeinflussbare Faktoren gelten interindividuelle Unterschiede in Bezug auf Volumen und Elastizität der Weichteile [84], wie auch ein tagesabhängiger Turnus der perioralen Muskulatur [69]. LINES und STEINHAUSER und weitere Autoren berichten, dass die Weichteile einer Verlagerung im Kinnbereich stärker folgen als im Lippenbereich [46], [67], [78], [80]. Zudem gilt es zu beachten, dass das vorrangige Streben des Chirurgen, eine möglichst eugnathe Situation zu erreichen, meist nicht gleichbedeutend mit einer harmonischen Gesichtsästhetik im Sinne einer fazialen Harmonie ist [83], [115]. Somit ist es als behandelnder Chirurg sehr wichtig, das Zusammenspiel zwischen den Weichteilen und skelettalen Strukturen zu verstehen und zu beachten [84], [112], [113].

## **4.2 Vergleichbare Analysen und Motivation für die Rob Mulié-Analyse**

Es sind viele verschiedene Analysen zur präoperativen Weichteildiagnostik, sowie zur Weichteilvorhersage entwickelt worden. SCHWARZ war 1958 einer der ersten, der mit seiner Fotostat-Analyse ein Verfahren zur Analyse der Gesichtsweichteile für die Kieferorthopädie und Kieferchirurgie zur Verfügung stellte, die noch heute eine wichtige Rolle spielt [100]. Er erstellte eine Klassifikation von neun unterschiedlichen Gesichtsprofilen, welche grob in Vor-, Rück- und Durchschnittsgesicht eingeteilt werden. Die Auswertung der Profilaufnahme erfolgt mit Hilfe des sogenannten Kieferprofilfeldes, welches durch die Frankfurter Horizontale, die Orbita- und Nasionsenkrechte definiert ist [44]. Bei der sogenannten Stereophotogrammetrie nach KOBAYASHI et al. [60] handelt es sich um ein Verfahren, bei welchem durch optische Triangulation ein dreidimensionales

Bild des Patientengesichts erzeugt wird. Bestimmte Referenzpunkte auf dem Gesicht des Probanden werden durch simultane Fotoaufnahmen aus verschiedenen Perspektiven in ein dreidimensionales Koordinatennetz eingefügt. Anhand dieses dreidimensionalen Netzes können nun Strecken-, Winkel- und Volumenmessungen vorgenommen werden [60]. Das Verfahren hat wie die Fotoanalyse den Vorteil, dass es ohne Röntgenstrahlung auskommt und wird deswegen auch von mehreren Autoren verwendet [88]. Trotzdem kann eine fotometrische Gesichtsanalyse keine kephalometrische Analyse ersetzen, sondern nur sinnvoll ergänzen [33], weshalb die Weichteilvermessung anhand des FRS (=Kephalometrie) auch bis heute in der Kieferorthopädie- und Kieferchirurgie nicht wegzudenken ist [43], [110], [115]. Mit dem Fortschritt der digitalen Technik wurden 3D-Weichteilanalysen mit Videoeinbindung [94], [83] und Laserscan-Verfahren [62], [57] vorgestellt. Dadurch wurde es möglich, therapeutische und wachstumsbedingte Veränderungen als „Vorschau“ zu visualisieren. Einige Autoren verweisen jedoch darauf, dass es sich nur um eine Erwartung, errechnet aus durchschnittlichen Daten, also um eine Art idealisiertes Operationsergebnis handelt [94]. Der Visualisierung des Operationsergebnisses dient auch der sogenannte „Dentofacial Planner“. Hierbei handelt es sich um eine computergestützte Diagnose- und Planungssoftware, durch die aus FRS-Aufnahmen Profilsimulationen erzeugt werden. Die zugrunde liegenden Verschiebungseffekte basieren auf Quotienten, die durch eine Vielzahl an retrospektiven Daten ermittelt wurden [13], [67], [73], [110]. CSAZAR bezeichnet die Prognose durch die Software als zufriedenstellend [24]. EALES spricht ebenfalls von einer guten Weichgewebsvorhersage im Kinnbereich, wohingegen er die Vorhersage im Nasen- und Lippenbereich als unzureichend erachtet [27]. Dies deckt sich auch mit den Aussagen früherer Autoren, dass die Weichteile besonders im Nasen- und Lippenbereich nicht linear den Veränderungen der Hartgewebsstrukturen folgen [46], [67], [78], [80]. Es bleibt also der Konsens bestehen, dass das Verhalten der Weichteile nach der Umstellungsoperation schwer vorhersagbar ist und in Bezug auf die Visualisierung des postoperativen Ergebnisses am Patienten mit Vorsicht eingesetzt werden sollte [116].

Die entscheidende Frage, die sich nun stellt ist, worin die Motivation für die Verwendung der Rob Mulié-Analyse liegt. Diese ist in der Literatur nicht häufig beschrieben und wird an wenigen Instituten angewandt. Sie hat jedoch viele entscheidende Vorteile. Bei dieser Analyse wird, im Gegensatz zur herkömmlichen fazialen Weichteilanalyse, der nasofrontale Komplex mit einbezogen. Klassische Herangehensweisen, wie die von SCHWARZ legen das Hauptaugenmerk auf die Lippen und Kinnkontur [100]. Ein Vorteil der von Schwarz eingeführten horizontalen Analyselinie ist ihre gute Vergleichbarkeit und dass sie im Wachstumsverlauf eine gute Überlagerungsmöglichkeit gewährleistet. Ein

Nachteil liegt darin, dass eine standardisierte reproduzierbare Kopfposition bei Foto- und Röntgenaufnahmen obligat ist [9]. Die von MOORREES und KEEN 1958 eingeführte „true horizontal line“ entsteht durch eine natürlich entspannte Kopfhaltung des Patienten, welche ebenfalls schwer reproduzierbar und vergleichbar ist [82]. Diese Variabilität der in der Literatur beschriebenen Referenzlinien macht es unmöglich, verschiedene Studien exakt miteinander zu vergleichen.

Aus diesem Grund wird in der Rob Mulié-Analyse eine individuelle vom Patient abhängige vertikale Referenzlinie eingeführt, um interindividuelle Unterschiede zu berücksichtigen. Die Orientierung und Richtung dieser Linie ist für jeden Patienten individuell und bleibt trotzdem miteinander vergleichbar. Sie erlaubt eine Spezifikation der Beziehungen zwischen allen vorhandenen Gesichtskonturen und nicht nur der orofazialen Anteile. Des Weiteren unterscheidet sich die vertikale Einteilung nach Rob Mulié fundamental von der klassischen 1:2 Einteilung für das orofaziale Verhältnis, wie es aus der Renaissance unter anderem durch DA VINCI und DÜRER bekannt geworden ist [25], [29], [97]. In der sagittalen Relation existiert kein klassischer Kanon, weswegen die Meinungen in der Literatur weit auseinandergehen. DE SMIT bezeichnet 1989 das gerade Gesichtsprofil als das harmonischste Profil [25]. PECK und PECK untersuchten die Gesichter von bekannten Persönlichkeiten, die in der Öffentlichkeit als attraktiv gelten und kommen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass das leicht protrudierte Profil favorisiert wird [87]. In einer weiteren Untersuchung kam CANUT zum gleichen Ergebnis [20]. RICKETTS führte 1957 eine „esthetic line“ [90] ein und 1958 unterteilte SCHWARZ das Gesicht in neun verschiedene Gesichtstypen [100]. Bütow versuchte 1984 anhand eines mathematischen Modells die faziale Harmonie zu kategorisieren [18].

Trotz der beschriebenen Verfahren vieler Autoren kann keine suffiziente Unterstützung für das Erreichen einer fazialen Harmonie erzielt werden. Die meisten Autoren haben die Gemeinsamkeit, dass sie keinen individuellen Ansatz verfolgen. Ihre Analysen basieren zum größten Teil auf Durchschnittswerten [107], [100] und der nasofrontale Komplex wird meist außer Acht gelassen [48], [91], [107].

Da die sagittalen Verhältnisse nicht in Proportionen ausgedrückt werden können, werden in der vorliegenden Rob Mulié-Analyse mehrere Winkel, die von der individuellen Referenzlinie abhängig sind, zur Charakterisierung der verschiedenen Anteile des Weichteilprofils verwendet. Diese sind wiederum voneinander abhängig. Hierdurch können klare Grenzwerte definiert werden, welche von der jeweiligen Ausgangssituation abhängige harmonische Charakterzüge widerspiegeln.

### 4.3 Erörterung der Ergebnisse und Bedeutung für den klinischen Einsatz

Unter den 160 Patienten, die in die Studie aufgenommen wurden, waren 99 (=62%) Frauen und 61 (=38%) Männer. Die Geschlechterverteilung in der Literatur lässt einen Trend dahingehend erkennen, dass Frauen häufiger den Entschluss fassen, sich einer Kieferumstellungsoperation zu unterziehen [78], [53], [56]. Betrachtet man die statistische Verteilung nach Angle-Klassen, lag bei der Hälfte der untersuchten Patienten (=58%) eine Angle-Klasse III vor. Der Anteil an Klasse II-Patienten lag bei 40% und an Klasse I-Patienten bei 2%. Das heißt, dass Klasse III-Patienten häufig nicht durch einen rein kieferorthopädischen Behandlungsplan zufriedenstellend therapiert werden können. Zieht man nun die Verteilung der Operationsmuster hinzu, so fällt auf, dass mit 77% am häufigsten in beiden Kiefern (=bimaxillär) operiert wurde. Dies deckt sich mit den Angaben in der Literatur, in der sich die Autoren einig sind, dass eine bimaxilläre Operation bei Klasse III-Patienten zu den besten Ergebnissen führt [35], [79].

Schaut man auf die Ergebnisse, die sich bezüglich der Harmonisierung des Gesichtsprofils in der vertikalen Relation ergeben, so konnte bei 99 der 160 operierten Patienten eine faziale Harmonie nach Rob Mulié erreicht werden, was einem Zuwachs von 20% entspricht. Die postoperativen Ergebnisse der sagittalen Werte ULI und MI liegen mit 86% und 74% am höchsten. Die beiden Parameter betreffen die untere Gesichtshälfte, weshalb die Werte in der Literatur durch diese Studie belegt werden können. Die meisten Autoren sind sich einig, dass skelettale Verlagerungen im unteren Gesichtsbereich nahezu lineare Auswirkungen auf die Weichteile haben und somit am besten vorhersagbar und vor allem am besten klinisch umzusetzen sind [46]. Es ist jedoch notwendig, ein genaues Augenmerk auf die operierten Patienten und eine individuelle Betrachtung der verschiedenen Ausgangssituationen vorzunehmen.

Es wurde überprüft, ob es bestimmte Patientengruppen oder Operationsmuster gibt, bei denen es erschwert oder gar nicht möglich ist, eine faziale Harmonie zu erreichen. Anhand der Ergebnisse dieser Studie lassen sich nun zwei entscheidende Tendenzen erkennen. Zum einen ist es sowohl bei Patienten, bei welchen bereits präoperativ in der vertikalen Relation eine Longface-Konstellation vorliegt, als auch bei Klasse III-Patienten, welche zumeist in der vertikalen Relation ebenfalls als Longface eingestuft werden können, erschwert bis gar nicht möglich ist, eine Einstellung in den vertikalen harmonischen Korridor der fazialen Harmonie zu erreichen. Bei über der Hälfte dieser Patienten (59%) war dies nicht möglich. Zum anderen ist es in der sagittalen Relation bei Patienten mit präoperativ erhöhten Werten der Oberlippeninklination (OLI:H) zu einem

Prozentsatz von 57% nicht möglich gewesen einen Erfolg zu erzielen. Bei präoperativ erniedrigten Werten für die Mandibulainklination (MI:L) waren es 44,4%, die nicht zufriedenstellend korrigiert werden konnten. In Bezug auf die Angle-Klassen konnten von den Klasse III-Patienten in der vertikalen Relation nur bei 46,7% der Patienten und bei den Klasse II-Patienten in der sagittalen Relation nur bei 46,9% eine faziale Harmonie erreicht werden. Dies würde also einem operativen Erfolg von weniger als 50% nach Rob Mulié entsprechen. Man muss jedoch diese zunächst als unbefriedigend erscheinenden klinischen Ergebnisse unter folgendem Aspekt bewerten. Es ist nicht immer möglich, extreme Charakteristika, wie sie häufig bei Klasse III-Patienten in der vertikalen oder bei Klasse II-Patienten in der sagittalen Relation anzutreffen sind, über bestimmte physiologische Grenzen hinaus zu korrigieren. So sollten stets moderate Korrekturen erfolgen, um das „principle of continued recognition“ und damit den Wiedererkennungswert der Patienten zu wahren [16]. Zukünftige Studien sollten diesen Erkenntnissen Beachtung schenken.

Anhand des subjektiven visuellen Vergleichs von prä- und postoperativen Fotoaufnahmen der Patienten entstand die Fragestellung, ob sich die Position der Nasenspitze durch die Kieferumstellungsoperation entscheidend verändert. Um dies zu überprüfen, wurden die Nasenrückeninklinationen (NRI) prä- und postoperativ miteinander verglichen. Der Mittelwert der Differenzen  $NRI_2 - NRI_1$  betrug  $-0,24 (\pm 2,57)$ . Die Differenzen der prä- und postoperativen Werte liegen zu 95% zwischen  $-2$  und  $1$  und bestätigen damit, dass sich die Position der Nasenspitze nahezu nicht verändert hat. WERMKER bestätigt diese Konstanz der nasalen Region [116].

Ein weiteres Ziel dieser Arbeit war es, zu überprüfen, ob sich die eigens entwickelte digitale Analysesoftware als valide Alternative zur konventionellen Rob Mulié-Analyse eignet. Die Auswertung der statistischen Analyse bezüglich der beiden Messmethoden verwundert zunächst, wenn man die manuell gemessenen absoluten Werte mit den digital erfassten vergleicht. Es tritt beispielsweise für den Parameter  $nasfh_1$  (nasofaziale Höhe präoperativ) eine mittlere Abweichung von  $-64 (\pm 0,7)$  zwischen den manuell und den digital gemessenen Werten auf. Schaut man sich jedoch die Werte für die nasomaxillären Verhältniszahlen an, so stellt man mit einer mittleren Abweichung, welche nahezu Null entspricht, fast identische Werte fest. Wirft man nun einen genauen Blick auf die beiden Messmethoden, so fällt auf, dass bei der manuellen Analyse metrische Werte erfasst wurden, wohingegen in der digitalen Analyse Pixel zur Berechnung herangezogen wurden. Für die Validität der digitalen Analyse liefert bereits der Vergleich der Verhältniszahlen ein zufriedenstellendes Ergebnis. Will man jedoch auch die anderen Werte miteinander

vergleichen und herausfinden, ob die Werte beispielsweise ein festes Verhältnis zueinander haben, hat man die Möglichkeit, dies anhand von Bland-Altman-Plots nachzuvollziehen. Die Bland-Altman-Plots zeigen einen negativen Trend der Differenzen. Nach logarithmischer Transformation zeigt sich dieser Trend jedoch nicht mehr. Das weist darauf hin, dass die Messwerte ein festes Verhältnis zueinander haben, z.B. immer 2-fach erhöht. Dadurch konnte gezeigt werden, dass sich die digitale Analyse als effizientes Analysewerkzeug in der präoperativen Planung im klinischen Alltag eignet.

Zukünftig sollte für die Erhebung neuer Daten in den klinischen Alltag ein „Rob Mulié Foto“ eingeführt werden, bei dem eine feste Messskala verwendet wird. So können die am FRS und anhand der Fotoaufnahmen gewonnenen Daten exakt miteinander verglichen werden und es kann eine metrische Auswertung anstelle einer reinen Kategorisierung erfolgen. Zur Verbesserung der Reproduzierbarkeit sollten zusätzlich lichtprojizierte Markierungslinien für eine exakte Kopfpositionierung eingeführt werden [105].

#### **4.4 Datenpool als Grundlage für weitere Studien**

Die Grundlage dieser Studie stellte die Einrichtung einer umfangreichen Datenbank dar, welche alle Patienten, die im Zeitraum vom 21.02.2002 – 21.02.2014 in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie an der Universitätsklinik in Gießen eine Kieferumstellungsoperation erhalten haben, erfasst. Es wurden folgende Daten erhoben: das Operationsalter des Patienten (in Jahren), das Geschlecht (m/w), das Datum des Eingriffs, das beteiligte OP-Team, der angewandte OP-Modus (bimaxillär/monomaxillär), die Angle-Klasse (I/II/III), die verschiedenen Verlagerungsmuster und -strecken während der Modell-Operation (Translation/Rotation), ob zuvor eine chirurgische Gaumennahterweiterung (GNE) stattgefunden hat (ja/nein), ob eine median-sagittale Spaltung erforderlich war, ob ein frontal offener Biss vorhanden war (ja/nein), ob eine vollständige Fotodokumentation vorhanden war (ja/nein) und ob prä- und postoperative Modelle vorhanden (ja/nein) waren. Diese wurden in einer Excel-Tabelle aufgelistet, anonymisiert und zur besseren statistischen Bearbeitung rein numerisch aufgearbeitet.

Diese Datenbank kann als Ausgangspunkt und Quelle neuer Studien dienen. Es könnte zum Beispiel eine Analyse der Patientenaufnahmen anhand der Enface-Aufnahmen erfolgen. Zusätzlich sollten die Patienten mit einem frontal offenen Biss herausgefiltert werden und anhand der Verlagerungsmuster überprüft werden, ob langfristig ein postoperatives Rezidiv auftritt. Ebenfalls sehr interessant wäre eine Aufbaustudie, bei der

die 3D-Datensätze der neu eingeführten volldigitalisierten präoperativen Planung mit den Daten der vorliegenden Studie verglichen werden.

#### **4.5 Ausblick**

Die über viele Jahre etablierte Methode der Gesichtsanalyse anhand herkömmlicher Röntgenaufnahmen (FRS) und Profilaufnahmen des Patienten, bringt einige Defizite mit sich, vor allem in Bezug auf die Komplexität des Erscheinungsbildes des Patienten. Langfristig sollte ein fließender Übergang zur Überlagerung von Datensätzen aus einer dreidimensionalen Weichteilanalyse des Gesichts und den 3D-Datensätzen aus dem DVT erfolgen.

Mittlerweile hat sich die dreidimensionale Röntgendiagnostik in Form der digitalen Volumentomografie in der Praxis weitgehend durchgesetzt. Es findet bereits eine Integration dieser röntgenologisch gewonnenen 3D-Datensätze in die Modellplanung und praktische Umsetzung durch navigierte Operationstechniken statt [49], [71]. In der Vergangenheit sind einige Studien zur dreidimensionalen Erfassung und Analyse des Gesichts mit seinen Weichteilstrukturen und den darunter befindlichen knöchernen Strukturen erschienen [34], [54], [116]. FINK stellte einen Vergleich zwischen 2D- und 3D-Analyse vor und kam zu dem Ergebnis, dass die dreidimensionale Analyse eine gute und verlässliche Weiterentwicklung darstellt [34]. In weiteren Studien wurden Daten aus 3D-Scans von Patientengesichtern mit den Daten aus DVT-Aufnahmen überlagert [105], [106]. Die Anwendung eines 3D-Scans ist sehr zeitintensiv und teuer, weshalb dieses Verfahren keine breite Anwendung findet. Außerdem ist laut einiger Autoren die Auflösung für eine exakte Analyse der Weichteilbezugspunkte zu gering [101]–[103], [105], [108]. Das Verfahren des „3D-CT Volume Rendering“ behebt zwar viele Fehler des Laserscans, hat jedoch immer noch eine geringere Auflösung als die herkömmliche Stereophotogrammetrie [1], [86] und die Patienten sind dem Strahlenrisiko ausgesetzt, weswegen das Verfahren beispielsweise nicht für Serienaufnahmen zur Wachstumsdiagnostik eingesetzt werden kann [21], [22], [75], [93]. Als sehr zuverlässige dreidimensionale Methode hat sich die in einigen Studien untersuchte 3D-Stereophotogrammetrie erwiesen. Sie ist mit rund 50 Millisekunden Anwendungszeit schnell durchführbar und hat mit 0,5 mm Auflösungsvermögen eine hohe Präzision [5], [40], [41]. Dieses Verfahren liefert ein Auflösungsvermögen, das dem der herkömmlichen Stereophotogrammetrie entspricht und liefert sehr exakte und reproduzierbare Daten [7], [19], [74].

Die Zukunft liegt jedoch darin, diese aus der 3D-Stereophotogrammetrie gewonnenen Daten mit den dreidimensionalen röntgenologischen Daten aus dem DVT zu überlagern. Die Autoren einiger Studien sprechen hierbei von „3D-Image-Fusion“, welche es ermöglichen soll, ein „fotorealistisches 3D-Modell“ des Gesichtes zu erstellen [39], [58]. Die Genauigkeit in der Überlagerung der beiden 3D-Datensätze soll hier bei 1,25-1,5 mm liegen [58]. Ein anderer Autor hat in seiner Studie 3D-Scans von Gipsmodellen mit den optischen 3D-Datenscans überlagert, um somit ohne Strahlenbelastung beispielsweise Wachstumsstudien bei Jugendlichen durchführen zu können [10]. Hierbei können Artefakte, wie sie häufig bei der Interkuspitation im DVT entstehen, vermieden werden [42], [70].

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es weiterer fundierter Studien bedarf, um die Validität und Reproduzierbarkeit der Überlagerung von dreidimensionalen, skelettalen Datensätzen mit den dreidimensionalen Datensätzen der Weichteile zu gewährleisten. Zukünftig wird sich so die Prognose der Weichteilveränderungen durch kieferchirurgische Eingriffe entscheidend verbessern können.



## 5 Schlussfolgerungen

Durch die Ergebnisse dieser Studie kann die Rob Mulié-Analyse als einfaches und reproduzierbares Verfahren zur Beurteilung des Weichteilprofilbildes bewertet werden. Sie dient im Rahmen der präoperativen Planung von Kieferumstellungsoperationen als Orientierungshilfe und Objektivierung der zu behandelnden Anomalie. Des Weiteren dient die Weichteilanalyse nach Rob Mulié der Qualitätssicherung, indem das präoperative Weichteilprofil mit dem postoperativen Ergebnis verglichen wird. Die abschließende Qualitätsanalyse dieser Studie kommt zu dem Ergebnis, dass in deutlich weniger Fällen eine faziale Harmonie erreicht werden konnte, als vorher angenommen. Relativierend muss man jedoch festhalten, dass nicht immer ein Erreichen vollkommener fazialer Harmonie möglich ist und somit oft eine Kompromisslösung gefunden werden muss. Es sollte stets nach dem „principle of continued recognition“ gehandelt und somit der Wiedererkennungswert des Patienten gewahrt werden. Es sind zwei deutliche Tendenzen auszumachen: Zum einen können in der vertikalen Relation die Klasse III-beziehungsweise Longface-Patienten nicht ausreichend korrigiert werden. Zum anderen sind es in der sagittalen Relation die Klasse II-Patienten und Patienten, die eine extreme Rücklage des Kinns und damit eine niedrige Mandibulainklination (MI:L) aufweisen, die ohne anschließende Kinnplastik nicht ausreichend korrigiert werden können. Die Validierung des entwickelten digitalen Programmes war ebenfalls erfolgreich. Die 320 manuell gemessenen Werte (Goldstandard) waren nahezu identisch mit den digital erhobenen Daten (mittlere Abweichung: -0,24 ( $\pm 2,57$ )). Die Anwendung des Programms ist anhand der erhobenen Daten absolut legitim und wurde bereits in den klinischen Alltag fest integriert. Damit ist es möglich, die Rob Mulié-Analyse unter einer Zeitersparnis von bis zu 10 Minuten (gegenüber der herkömmlichen manuellen Analyse) direkt am Patienten (Chairside) durchzuführen.

In Zukunft wird die Entwicklung vermehrt in Richtung dreidimensionaler Planung mittels „3D-Image-Fusion“, also der Überlagerung von Datensätzen aus der 3D-Stereophotogrammetrie mit denen aus DVT-Aufnahmen, gehen. Es bleibt jedoch abzuwarten, ob diese modernen 3D-Verfahren die etablierten 2D-Methoden, wie FRS und Weichteilanalysen, mittelfristig ablösen können.

Die erhobenen Daten dienen als Grundlage für weiterführende Analysen.

## 6 Zusammenfassung

Das ästhetische Erscheinungsbild spielt für die Menschen unserer heutigen Gesellschaft eine immer größere Rolle. So stellt bei einer operativen Korrektur einer Kieferfehlstellung neben dem Einstellen einer neutralen Verzahnung auch die Verbesserung der Ästhetik einen der Hauptgründe für die Durchführung einer solchen Operation dar. Um ein sowohl funktionell als auch ästhetisch optimales Operationsergebnis zu erhalten, ist präoperativ eine detaillierte, individuelle Planung anhand einer Modelloperation notwendig, bei der die Kiefer unter Berücksichtigung der Planungsunterlagen dreidimensional im Raum neu positioniert werden. Neben der Korrektur des Fehlbisses sollen mit Hilfe der Weichteilanalyse nach Rob Mulié die Gesichtsproportionen dabei so verändert werden, dass das Gesicht nach Durchführung der Operation ein harmonisches Erscheinungsbild mit einem ausgewogenen Größenverhältnis zwischen den verschiedenen Gesichtsanteilen zeigt. Ziel dieser Studie war es herauszufinden, ob und wie häufig es durch die detailliert geplante Kieferumstellungsoperation gelang, postoperativ eine faziale Harmonie nach den Kriterien von Rob Mulié zu erreichen. Im Sinne der Qualitätssicherung sollte hierzu jeweils die postoperative Weichteilanalyse mit der präoperativen Analyse verglichen werden. Ferner sollte überprüft werden, ob es möglich ist, die zeitaufwendige bislang mit Lineal und Bleistift auf Papier durchgeführte Weichteilanalyse mit Hilfe eines eigens entwickelten JAVA-Programms zeitsparend zu ersetzen.

### **Methodik:**

Zunächst erfolgte die Erstellung einer anonymisierten Datenbank aller therapierten Patientenfälle der Jahre 2002-2014 sowie die Entwicklung eines JAVA-Programms zur digitalen Durchführung der Rob-Mulié-Analyse. Anschließend erfolgte jeweils die manuelle und digitale Anwendung der Weichteilanalyse nach Rob Mulié anhand von prä- und postoperativen fotografischen Profilaufnahmen der Patienten. Die präoperativen Daten wurden hierbei etwa sechs Wochen vor und die postoperativen Daten etwa sechs Monate nach der Umstellungsosteotomie erhoben, um Fehler durch eine postoperativ bedingte Schwellung zu vermeiden. Sowohl für die prä- als auch für die postoperativen Analysen wurde jeweils die Häufigkeit einer fazialen Harmonie nach Rob Mulié in der vertikalen und der sagittalen Dimension bestimmt. Ferner wurde anhand der vorliegenden präoperativen Daten überprüft, in welchen Konstellationen eine postoperative faziale Harmonie des Gesichtes nur schwer erreicht werden kann. Hierzu kam der exakte Test nach Fisher für 6-Felder-Tafeln sowie eine logistische Regression unter Berücksichtigung des Aikake-Criterions zur Anwendung. Der Vergleich der manuellen Analysemitmethode mit der

elektronischen Auswertung (mit Hilfe des JAVA-Programms) wurde mit Hilfe der Bland-Altman-Analyse durchgeführt.

**Ergebnisse:**

In den Jahren 2002-2014 erfolgte an der Universitätsklinik Gießen bei insgesamt 236 Patienten eine Kieferumstellungsoperation. Von diesen konnten 160 Patienten in die Studie einbezogen werden. Darunter waren 62% Frauen und 38% Männer im Alter von 13 bis 61 Jahren (Median = 23 Jahre). In der vertikalen Dimension konnte bei 99 von 160 Patienten (62%) postoperativ eine faziale Harmonie nach Rob Mulié registriert werden. Dies entspricht einem Zuwachs von 20%. Bei der Harmonisierung des sagittalen Gesichtsprofils konnte in Bezug auf die Unterlippeninklination eine Verbesserung um 27% und bei der Mandibulainklination um 6% erreicht werden. In Bezug auf die Oberlippeninklination (OLI), konnte eine postoperative Verschlechterung des Oberlippenprofils um 7% beobachtet werden. Die Analyse in Abhängigkeit der präoperativen Bisslage nach Angle ergab, dass Klasse II-Patienten vor allem in der sagittalen Dimension und Klasse III-Patienten vor allem in der vertikalen Dimension nur unzureichend korrigiert werden konnten. So zeigten Klasse II-Patienten postoperativ in 46,9% der Fälle keine faziale Harmonie in Bezug auf die Inklination der Mandibula und Klasse III-Patienten in 46,7% der Fälle keine faziale Harmonie in der Vertikalen. Die genauere Analyse mittels logistischer Regression ergab, dass insbesondere eine präoperative Longface-Einstufung in der Vertikalen (41,18%) und eine präoperativ erniedrigte Mandibulainklination (55,42%) in etwa der Hälfte der Fälle nur unzureichend korrigiert werden konnten.

Die statistische Auswertung des Vergleichs der manuellen und der elektronischen Auswertung mittels JAVA-Programm ergab, dass die manuell und digital gemessenen Werte kaum voneinander abweichen. Der Vergleich der Differenzen mittels Bland-Altman-Analyse konnte zeigen, dass die beiden Analysemethoden äquivalent angewendet werden können.

**Schlussfolgerungen:**

Die Rob-Mulié-Analyse dient als reproduzierbares Verfahren zur Beschreibung der fazialen Weichteile und zur Beurteilung des postoperativen Therapieerfolges vor allem in ästhetischer Hinsicht. Sie dient im Rahmen der Operationsplanung als Orientierungshilfe und Objektivierung der zu behandelnden Anomalie. Bei der Betrachtung der Ergebnisse wird deutlich, dass das Erreichen einer vollständigen fazialen Harmonie in der vertikalen und sagittalen Dimension oft eine große Herausforderung für den Behandler darstellt. So konnten besonders Klasse III-Patienten mit einer Longface-Konstellation sowie Klasse II-

Patienten mit einer stark verminderten Mandibulainklination in fast der Hälfte der Fälle nur unzureichend korrigiert werden. Bei diesen Patienten sollte entweder simultan mit der Umstellungsoperation oder im Verlauf eine Kinnplastik zur Anwendung kommen, um die faziale Harmonie weiter zu verbessern. Das eingesetzte JAVA-Programm lieferte der manuellen Analyse vergleichbare Ergebnisse und wird bereits als zeitsparende Alternative im klinischen Alltag eingesetzt.

## 7 Summary

Aesthetic appearance is becoming more and more important for people today. Thus, in an operative correction of a jaw malposition in addition to the setting of a neutral gearing, the improvement of aesthetics is one of the main reasons for performing such an operation. In order to obtain a functional as well as aesthetically optimal surgical result, a detailed, individual preoperative planning by means of a model operation is necessary, in which the jaws are repositioned three-dimensionally taking into account the planning documents. In addition to the correction of the missing bite, the facial proportions should be changed using the soft tissue analysis according to Rob Mulié so that the face after the operation shows a harmonious appearance, with a balanced size ratio between the different parts of the face. The aim of this study was to find out if and how often the jaw conversion operation planned in all its details succeeded in achieving postoperative facial harmony according to the criteria of Rob Mulié. In terms of quality assurance, the postoperative soft tissue analysis was compared with the preoperative analysis. The objective of this study was to examine whether it was possible to replace the time-consuming soft tissue analysis – previously carried out with paper and pencil on paper – by a specially developed JAVA program thus saving time.

### **Methodology:**

Initially, an anonymised database of all cases treated in 2002-2014 was created, followed by the development of a JAVA program for the digital implementation of the Rob Mulié analysis. Subsequently, the manual and digital application of the soft tissue analysis according to Rob Mulié was carried out on the basis of pre- and postoperative photographic profile recordings of the patients. Preoperative data was collected about six weeks before and postoperative data was collected about six months after the osteotomy to avoid errors due to postoperative swelling. For both pre- and postoperative analyses, the frequency of facial harmony according to Rob Mulié was determined in the vertical and sagittal dimensions. In addition, the available preoperative data were used to identify the constellations in which postoperative facial harmony can only be achieved with difficulty. For this purpose, Fisher's exact test for 6-field panels and a logistic regression using the Akaike Criterion were applied. Then the manual analysis method was compared with the electronic evaluation method (using the JAVA program) was carried out using the Bland-Altman analysis.

### **Results:**

During the period from 2002 to 2014, a total of 236 patients were treated with orthognathic

surgery in the Department of Oral, Maxillofacial and Facial Surgery of the Giessen University Hospital. Of these, 160 patients could be included in the study. Among them 62% were women and 38% were men. Their age at the time of surgery was between 13 and 61 years (median = 23 years). In 99 of the total of 160 patients (62%) a facial harmony could be registered postoperatively according to the parameters of Rob Mulié. This is an increase of 20%. In the harmonization of the sagittal facial profile, there was an improvement by 27% in relation to the 'lower lip inclination' (ULI), in relation to the 'mandibular inclination' (MI) by 6%. With regard to the 'upper lip incision' (OLI), a postoperative deterioration of the upper lip profile by 7% could be observed. The analysis according to Angle's preoperative bite showed that class II patients, especially in the sagittal dimension and class III patients, especially in the vertical dimension, could not be adequately corrected. Thus, in 46.9% of the cases, class II patients postoperatively showed no facial harmony with respect to the inclination of the mandible and in 46.7% of the cases, class III patients showed no facial vertical harmony. A more detailed analysis by means of logistic regression showed that especially a preoperative long-face classification in the vertical (41.18%) and a preoperatively reduced mandibular inclination (55.42%) could only be corrected inadequately in about half the cases.

The statistical evaluation of the comparison of the two measuring methods (manual and digital) showed that the manually and digitally measured values show hardly any deviations. The comparison of the differences by Bland-Altman analysis provides a very good result to prove that the digital analysis software works reliably.

**Conclusions:**

The Rob Mulié analysis serves as a reproducible method for the description of the facial soft tissues and for the assessment of postoperative therapeutic success, especially in aesthetic terms. In the context of surgical planning, it serves as a guide and objectification of the anomaly to be treated. Looking at the results, it becomes clear that achieving complete facial harmony in the vertical and sagittal dimensions often presents a great challenge to the practitioner. In particular, class III patients with a long-face constellation as well as class II patients with a severe reduction in mandibular inclination were not adequately corrected in almost half the cases. In these patients, genioplasty should be used to further improve facial harmony either simultaneously with the remodeling operation or in the course of progression. The JAVA program used provided results comparable results to the manual analysis and is already being used as a time-saving alternative in everyday clinical practice.

---

## Abkürzungsverzeichnis

3D-OSS	3D-Oss-Artikulator der Firma GIRRBACH
FRS	Fernröntgenseitenbild
OPG	Orthopantomogramm
DVT	digitales Volumentomogramm
NasFH	Nasofaziale Höhe
MaxFH	Maxillofaziale Höhe
MandFH	Mandibulofaziale Höhe
NasomaxFH	Nasomaxillofaziale Höhe
OroFH	Orofaziale Höhe
N	Nasion
Sn	Subnasale
St	Stomion
Me	Menton
nasomaxVH	Nasomaxilläre Verhältniszahl
SF	Shortface
NF	Normalface
LF	Longface
NFL	Nasofrontalline
VAL	Vertikale Analyselinie
NRI	Nasenrückeninklination
OLI (H, L,1,2)	Oberlippeninklination (High, Low, 1: präoperativ, 2: postoperativ)
ULI (H, L,1,2)	Unterlippeninklination (High, Low, 1: präoperativ, 2: postoperativ)
MI (H, L,1,2)	Mandibulainklination (High, Low, 1: präoperativ, 2: postoperativ)
Vertikal (1,2)	Vertikale Relation (1: präoperativ, 2: postoperativ)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Bisslage nach Angle .....	4
Abbildung 2-1: 3D-OSS-Artikulator nach KRENKEL & LIXL .....	11
Abbildung 2-2: Intraoperative Anwendung des Face-O-Meter .....	13
Abbildung 2-3: Fotostudio der Abteilung für MKG, Uni Gießen .....	14
Abbildung 2-4: Enface, Halbprofil, Profil.....	15
Abbildung 2-5: Enface + Lippenretraktor, Enface + Bissspatel, submental.....	15
Abbildung 2-6: Enface + geschlossene Augen, lachend, Rückansicht mit Ohren .....	15
Abbildung 2-7: Submental vertikal, suprakranial .....	16
Abbildung 2-8: Intraorale Aufnahmen .....	16
Abbildung 2-9: Verhältnismäßigkeiten des Gesichts .....	18
Abbildung 2-10: Anwendungsbeispiel für eine vertikale Rob Mulié-Analyse.....	23
Abbildung 2-11: Anwendungsbeispiel für eine sagittale Rob Mulié-Analyse .....	24
Abbildung 2-12: Beispiel für eine digitale Rob Mulié-Analyse im Analyseprogramm .....	27
Abbildung 3-1: Geschlechtsverteilung .....	29
Abbildung 3-2: Altersverteilung .....	30
Abbildung 3-3: Verteilung der Angle-Klassen.....	30
Abbildung 3-4: relative Verteilung der operierten Kiefer .....	31
Abbildung 3-5: Klasse II – Profilbilder vor und nach Unterkiefervorverlagerung .....	32
Abbildung 3-6: Rob Mulié-Analyse vor und nach Unterkiefervorverlagerung .....	32
Abbildung 3-7: Klasse III – Profilbilder vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie	33
Abbildung 3-8: Rob Mulié-Analyse vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie .....	33
Abbildung 3-9: Klasse III – Profilbilder vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie	34
Abbildung 3-10: Rob Mulié-Analyse vor und nach bimaxillärer Umstellungsosteotomie .....	34
Abbildung 3-11: Vorliegen einer fazialen Harmonie – präoperativ (manuelle Analyse).....	35
Abbildung 3-12: Vorliegen einer fazialen Harmonie – postoperativ (manuelle Analyse).....	35
Abbildung 3-13: Histogramm nri2-nri1 (manuelle Analyse) .....	40
Abbildung 3-14: Vorliegen einer fazialen Harmonie – präoperativ (digitale Analyse).....	42
Abbildung 3-15: Vorliegen einer fazialen Harmonie – postoperativ (digitale Analyse).....	43
Abbildung 3-16: Histogramm nri2-nri1 (digitale Analyse).....	47
Abbildung 3-17: Bland-Altman-Plots .....	51
Abbildung 3-18: Bland-Altman-Plots .....	52
Abbildung 3-19: Bland-Altman-Plots .....	53



---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Weichteilbezugspunkte.....	18
Tabelle 2-2: Normwertetabelle für SF, NF und LF.....	20
Tabelle 2-3: Grenzwerte für OLI, ULI und MI .....	25
Tabelle 3-1: Erfolgsraten nach der Operation .....	36
Tabelle 3-2: Zusammenhang zwischen dem Erfolg und den einflussreichsten erklärenden Parametern.....	36
Tabelle 3-3: Zusammenhang zwischen der jeweiligen Einstufung der einflussreichsten erklärenden Parameter und dem Erfolg bzw. Misserfolg.....	37
Tabelle 3-4: Erfolgstabelle (manuelle Analyse) – Aufteilung nach Angle-Klassen.....	38
Tabelle 3-5: Logistische Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen	39
Tabelle 3-6: Wertetabelle zu Histogramm aus Abbildung 3-13.....	41
Tabelle 3-7: Differenzen aufgegliedert nach den Gruppen Vertikal1 und oli1c.....	41
Tabelle 3-8: Erfolgsraten nach der Operation (digitale Analyse) .....	43
Tabelle 3-9: Zusammenhang zwischen dem Erfolg und den einflussreichsten erklärenden Parametern (digitale Analyse) .....	44
Tabelle 3-10: Zusammenhang zwischen der jeweiligen Einstufung der einflussreichsten erklärenden Parameter und dem Erfolg bzw. Misserfolg (digitale Analyse) .....	44
Tabelle 3-11: Erfolgstabelle (digitale Analyse) – nach Angle-Klassen .....	45
Tabelle 3-12: Logistische Regression mit schrittweiser Auswahl der erklärenden Variablen (digitale Analyse) .....	46
Tabelle 3-13: Wertetabelle zu Histogramm aus Abbildung 3-16.....	48
Tabelle 3-14: Differenzen aufgegliedert nach den Gruppen Vertikal1 und oli1c .....	48
Tabelle 3-15: Differenzen zwischen den Messungen .....	50

---

## Literaturverzeichnis

- [1] Aboul-Hosn Centenero, S. and Hernández-Alfaro, F., "3D planning in orthognathic surgery: CAD/CAM surgical splints and prediction of the soft and hard tissues results e Our experience in 16 cases", *J. Cranio-Maxillofacial Surg.*, vol. 40, pp. 162–168, 2012.
- [2] Angle, E. L., "Treatment Of Malocclusion of the teeth", in *Capítulo 4. Classification and Diagnosis of Malocclusion*, 1907, pp. 34–44.
- [3] Anwar, M. and Harris, M., "Model surgery for orthognathic planning", *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 28, no. 6, pp. 393–397, 1990.
- [4] Arnett, G. W. et al., "Soft tissue cephalometric analysis: Diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity", *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, vol. 116, no. 3, pp. 239–253, Sep. 1999.
- [5] Ayoub, A. F., Siebert, P., Moos, K. F., Wray, D., Urquhart, C., and Niblett, T. B., "A vision-based three-dimensional capture system for maxillofacial assessment and surgical planning", *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 36, no. 5, pp. 353–357, Oct. 1998.
- [6] Bahr, C., "Proportion und Vermessung des Gesichtes in Kunst und Medizin und der Goldene Schnitt", 1991.
- [7] Baik, H., Lee, H., and Lee, K., "A proposal for soft tissue landmarks for craniofacial analysis using 3-dimensional laser scan imaging", *World J. Orthod.*, 2006.
- [8] Bamber, M. A., Harris, M., and Nacher, C., "A validation of two orthognathic model surgery techniques", *J. Orthod.*, vol. 28, no. 2, pp. 135–42, Jun. 2001.
- [9] Bean, L. R., Kramer, J. R., and Khouw, F. E., "A simplified method of taking radiographs for cephalometric analysis", *J. Oral Surg.*, vol. 28, no. 9, pp. 675–8, Sep. 1970.
- [10] Bechtold, T. E., Göz, T. G., Schaupp, E., Koos, B., Godt, A., Reinert, S., & Berneburg, M., "Integration of a maxillary model into facial surface stereophotogrammetry", *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 73(2), 126-137, 2012

- 
- [11] Beckmann-van der Ven, G., Segner, D., and Hasund, A., "Die Erfassung der Gesichtsweichteiloberfläche in drei Dimensionen unter besonderer Berücksichtigung der Mandibula", *Fortschr. Kieferorthop.*, vol. 46, no. 4, pp. 279–287, Jul. 1985.
- [12] Bell, R., Kiyak, H. A., Joondeph, D. R., McNeill, R. W., and Wallen, T. R., "Perceptions of facial profile and their influence on the decision to undergo orthognathic surgery", *Am. J. Orthod.*, vol. 88, no. 4, pp. 323–332, Oct. 1985.
- [13] Birr, E. and Bewersdorff, A., "Der Digigraph: Cephalometrie ohne Röntgenstrahlung", *Prax Comput*, 1993.
- [14] Bishara, S. E., Hession, T. J., and Peterson, L. C., "Longitudinal soft-tissue profile changes: A study of three analyses", *Am. J. Orthod.*, vol. 88, no. 3, pp. 209–223, Sep. 1985.
- [15] Bishara, S., Jorgensen, G., and Jakobsen, J., "Changes in facial dimensions assessed from lateral and frontal photographs. Part II—Results and conclusions," *Am. J. Orthod.*, 108(5), 489-499,1995.
- [16] Brons, R., "Facial harmony: standards for orthognathic surgery and orthodontics", London: Quintessence, 1998.
- [17] Burstone, C. J., "The integumental profile", *Am. J. Orthod.*, vol. 44, no. 1, pp. 1–25, Jan. 1958.
- [18] Bütow, K., "A lateral photometric analysis for aesthetic-orthognathic treatment", *J. Maxillofac. Surg.*, 12, 201-207, 1984.
- [19] Calignano, F. and Vezzetti, E., "Soft tissue diagnosis in maxillofacial surgery: a preliminary study on three-dimensional face geometrical features-based analysis", *Aesthetic Plast. Surg.*, 34(2), 200-211, 2010.
- [20] Canut, J., "Extraktion oder Nichtextraktion: Ästhetische Erwägungen", *Extr. versus Nonextraction. Neuer Merkur*, 1995.
- [21] Cavalcanti, M. and Rocha, S., "Craniofacial measurements based on 3D-CT volume rendering: implications for clinical applications", *Dentomaxillofacial Radiology*, 33(3), 170-176, 2004.
- [22] Cavalcanti, M. and Ruprecht, A., "3D volume rendering using multislice CT for dental implants", *Dentomaxillofacial Radiology*, 31(4), 218-223, 2002.

- 
- [23] Csaszar, G. and Brüker-Csaszar, B., "Weichteilvorhersage in der kieferorthopädischen Chirurgie mit dem „Dentofacial Planner“.", Informationen aus Orthod. Kieferorthopädie, vol. 33, no. 4, pp. 335–341, 2000.
- [24] Csaszar, G. and Brüker-Csaszar, B., "Die Realisierung bimaxillärer Operationsplanungen mit dem 3-D-Oss", Informationen aus Orthod. Kieferorthopädie, vol. 33, no. 4, pp. 343–352, 2000.
- [25] Dermaut, L. and Smit, A. De, "Effects of sagittal split advancement osteotomy on facial profiles", The European Journal of Orthodontics, 11(4), 366-374, 1989.
- [26] Durer, A., "Les Quatre Livres D'albert Durer, Peintre Et Geometricien Tres Excellent, De La Proportion Et Des Parties Des Pourtraicts Des Corps Humains Trad. Du Latin", 1975
- [27] Eales, E. A., Newton, C., Jones, M. L., and Sugar, A., "The accuracy of computerized prediction of the soft tissue profile: a study of 25 patients treated by means of the Le Fort I osteotomy", Int J Adult Orthodon Orthognath Surg, vol. 9, no. 2, pp. 141–152, 1994.
- [28] Ellis, E., Johnson, D. G., and Hayward, J. R., "Use of the orthognathic surgery simulating instrument in the presurgical evaluation of facial asymmetry", J. Oral Maxillofac. Surg., vol. 42, no. 12, pp. 805–811, Dec. 1984.
- [29] Epker, B. N., Fish, L. C., and Paulus, P. J., "The surgical-orthodontic correction of maxillary deficiency", Oral Surgery, Oral Med. Oral Pathol., vol. 46, no. 2, pp. 171–205, Aug. 1978.
- [30] Ettorre, G., Weber, M., Schaaf, H., Lowry, J. C., Mommaerts, M. Y., and Howaldt, H.-P., "Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery - Part I: Basic views and guidelines", J. Craniomaxillofac. Surg., vol. 34, no. 2, pp. 65–73, Mar. 2006.
- [31] Farkas, L., Katic, M., Hreczko, T., and Deutsch, C., "Anthropometric proportions in the upper lip-lower lip-chin area of the lower face in young white adults", American journal of orthodontics, 86(1), 52-60, 1984.
- [32] Farmand, M. and Obwegeser, H., "Unsere heutige Operationstechnik der sagittalen Spaltung", Fortschritte der Kiefer-und Gesichtschirurgie, 26, 99-101, 1981.

- 
- [33] Fields, H., Vann Jr., W. F., and Vig, K. W. L., "Reliability of soft tissue profile analysis in children", *Angle Orthod.*, vol. 52, no. 2, pp. 159–165, 1982.
- [34] Fink, M. et al., "Assessment of facial soft-tissue profiles based on lateral photographs versus three-dimensional face scans", *J. Orofac. Orthop. / Fortschritte der Kieferorthopädie*, vol. 78, no. 1, pp. 70–76, Jan. 2017.
- [35] Fischer, K., von Konow, L., and Brattström, V., "Open-bite: stability after bimaxillary surgery - 2-year treatment outcomes in 58 patients", *Eur. J. Orthod.*, vol. 22, no. 6, pp. 711–718, Dec. 2000.
- [36] Gattinger, B. and Obwegeser, J., "Chirurgische Kieferorthopädie und kraniofaziale Fehlbildungschirurgie", *Spezielle Chirurgie*, Bd, 2, 235-238, 2002.
- [37] Gavan, J. A., Washburn, S. L., and Lewis, P. H., "Photography: An anthropometric tool", *Am. J. Phys. Anthropol.*, vol. 10, no. 3, pp. 331–354, Sep. 1952.
- [38] Giddon, D. B., "Through the looking glasses of physicians, dentists, and patients", *Perspect. Biol. Med.*, vol. 26, no. 3, pp. 451–8, Jan. 1983.
- [39] Groeve, P. De and Schutyser, F., "Registration of 3D photographs with spiral CT images for soft tissue simulation in maxillofacial surgery", *International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention* (pp. 991-996). Springer, Berlin, Heidelberg, 2001.
- [40] Hajeer, M. Y., Ayoub, A. F., and Millett, D. T., "Three-dimensional assessment of facial soft-tissue asymmetry before and after orthognathic surgery", *Br. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 42, no. 5, pp. 396–404, Oct. 2004.
- [41] Hajeer, M., Ayoub, A., Millett, D., and Bock, M., "Three-dimensional imaging in orthognathic surgery: the clinical application of a new method", *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*, 17(4), 318-330, 2002.
- [42] Hassan, B., Souza, P., and Jacobs, R., "Influence of scanning and reconstruction parameters on quality of three-dimensional surface models of the dental arches from cone beam computed", *Clinical oral investigations*, 14(3), 303-310, 2010.
- [43] Hasund, A. and Segner, D., "Individualisierte Kephalmetrie", Franklin, Hamburg, 1994.
- [44] Hausamen, J., Machtens, E., Reuther, J., and Eufinger, H., "Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie", 2012.

- 
- [45] Hautvast, J. G. A. J., "Growth changes in the human head, face, and stature: a cross-sectional and longitudinal study of Nijmegen schoolschildren and adults by means of anthropometric and photogrammetric methods", Nijmegen: Thoben, 1967.
- [46] Hernandez-Orsini, R., Jacobson, A., Sarver, D. M., and Bartolucci, A., "Short-term and long-term soft tissue profile changes after mandibular advancements using rigid fixation techniques", *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 4, no. 4, pp. 209–18, 1989.
- [47] Hershey, H. G. and Smith, L. H., "Soft-tissue profile change associated with surgical correction of the prognathic mandible", *Am. J. Orthod.*, vol. 65, no. 5, pp. 483–502, 1974.
- [48] Herzberg, B., "Facial esthetics in relation to orthodontic treatment", *The Angle Orthodontist*, 22(1), 3-22., 1952.
- [49] Holberg, C., Steinhäuser, S., and Geis, P., "Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations", *Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 66(6), 434-444, 2005.
- [50] Holdaway, R. A., "A soft-tissue cephalometric analysis and its use in orthodontic treatment planning. Part I", *Am. J. Orthod.*, vol. 84, no. 1, pp. 1–28, Jul. 1983.
- [51] Holler, B. E., Eckardt, R., Neukam, F. W., and Hirschfelder, U., "Zur Prognose des Profilverlaufes bei interdisziplinären Therapieplanungen mit der Finite-Elemente-Methode", *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, vol. 9, no. 2, pp. 116–120, Mar. 2005.
- [52] Holtkamp, C., Zink, E., and Drescher, D., "Die Profilprognose-Prüfstein oder Stolperstein der kieferorthopädischen Planung von Dysgnathieoperationen", *Kieferorthop.*, 13, 35-48, 1999.
- [53] Iizuka, T., Eggensperger, N., and Smolka, W., "Analysis of soft tissue profile changes after mandibular advancement surgery", *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*, 98(1), 16-22, 2004.
- [54] Ip, H. hs and Yin, L., "Constructing a 3D individualized head model from two orthogonal views", *The visual computer*, 12(5), 254-266, 2004.

- 
- [55] Jacobson, R. and Sarver, D. M., "The predictability of maxillary repositioning in LeFort I orthognathic surgery", *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, vol. 122, no. 2, pp. 142–154, Aug. 2002.
- [56] Joss, C. and Thüer, U., "Stability of the hard and soft tissue profile after mandibular advancement in sagittal split osteotomies: a longitudinal and long-term follow-up study", *The European Journal of Orthodontics*, 30(1), 16-23, 2007.
- [57] Kau, C. H., Zhurov, A., Richmond, S., Cronin, A., Savio, C., and Mallorie, C., "Facial templates: A new perspective in three dimensions", *Orthod. Craniofacial Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 10–17, Feb. 2006.
- [58] Khambay, B., Nebel, J., Bowman, J., and Walker, F., "3D stereophotogrammetric image superimposition onto 3D CT scan images: the future of orthognathic surgery. A pilot study", *Int'l Journal of Adult Orthodontics & Orthognathic Surgery*, 17(4), 331-341, 2002.
- [59] Kiyak, H., Hohl, T., Sherrick, P., and West, R., "Sex differences in motives for and outcomes of orthognathic surgery", *Journal of oral surgery*, 39(10), 757-764, 1981.
- [60] Kobayashi, T., Ueda, K., Honma, K., Sasakura, H., Hanada, K., and Nakajima, T., "Three-dimensional analysis of facial morphology before and after orthognathic surgery", *J. Cranio-Maxillofacial Surg.*, vol. 18, no. 2, pp. 68–73, Feb. 1990.
- [61] Kopp, S., Kühmstedt, P., Notni, G., and Geller, R., "G-scan--mobile multiview 3-D measuring system for the analysis of the face", *Int. J. Comput. Dent.*, vol. 6, no. 4, pp. 321–31, Oct. 2003.
- [62] Kopp, S., Kühmstedt, P., Notni, G., and Geller, R., "G-scan--mobile multiview 3-D measuring system for the analysis of the face", *Int. J. Comput. Dent.*, vol. 6, no. 4, pp. 321–31, Oct. 2003.
- [63] Kramer, F.-J. et al., "Intra- and perioperative complications of the LeFort I osteotomy: a prospective evaluation of 1000 patients", *J. Craniofac. Surg.*, vol. 15, no. 6, pp. 971-7-9, Nov. 2004.
- [64] Krenkel, C. and Lixl, G., "[Model surgical apparatus for planning and simulation of maxillary and mandibular osteotomies]", *Zahnärztliche Prax.*, vol. 42, no. 12, pp. 471–3, Dec. 1991.

- [65] Kunz, R., Ollenschläger, G., and Raspe, H., "Lehrbuch Evidenzbasierte Medizin in Klinik und Praxis", 2000.
- [66] Laufer, D., Glick, D., Gutman, D., and Sharon, A., "Patient motivation and response to surgical correction of prognathism", *Oral Surgery, Oral Med. Oral Pathol.*, vol. 41, no. 3, pp. 309–313, Mar. 1976.
- [67] Lines, P. And Ew, S., "Soft-Tissue Changes In Relationship To Movement Of Hard Structures In Orthognathic Surgery-Preliminary Report", *J Oral Surg*, 32, 891-896, 1974.
- [68] Lockwood, H., "A planning technique for segmental osteotomies", *Br. J. Oral Surg.*, vol. 12, no. 1, pp. 102–105, Jul. 1974.
- [69] Lu, C.-H., Ko, DDS, MS, E. W.-C., and Huang, C.-S., "The accuracy of video imaging prediction in soft tissue outcome after bimaxillary orthognathic surgery", *J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 61, no. 3, pp. 333–342, 2003.
- [70] Maal, T., Plooi, J., Rangel, F., and Mollemans, W., "The accuracy of matching three-dimensional photographs with skin surfaces derived from cone-beam computed tomography", *Int. J.*, 2008.
- [71] Maki, K., Inou, N., and Takanishi, A., "Computer-assisted simulations in orthodontic diagnosis and the application of a new cone beam X-ray computed tomography", *Orthodontics & craniofacial research*, 6(s1), 95-101, 2003.
- [72] Mankad, B., Cisneros, G. J., Freeman, K., and Eisig, S. B., "Prediction accuracy of soft tissue profile in orthognathic surgery.," *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 14, no. 1, pp. 19–26, Jan. 1999.
- [73] Mansour, S., Burstone, C., and Legan, H., "An evaluation of soft-tissue changes resulting from Le Fort I maxillary surgery", *Am. J. Orthod.*, vol. 84, no. 1, pp. 37–47, Jul. 1983.
- [74] Marakhtanov, N. and Zhulev, E., "Comparative analysis of soft tissue of the face in men and women", *Stomatologija*, 89(6), 62-63, 2009.
- [75] Marşan, G., Cura, N., and Emekli, U., "Soft and hard tissue changes after bimaxillary surgery in Turkish female Class III patients", *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 37(1), 8-17, 2009.



- 
- [76] Martin Bland, J. And Altman, D., "Statistical Methods For Assessing Agreement Between Two Methods Of Clinical Measurement", *Lancet*, Vol. 327, No. 8476, Pp. 307–310, Feb. 1986.
- [77] Meredith, G., "Facial photography for the orthodontic office", *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.*, vol. 111, no. 5, pp. 463–470, May 1997.
- [78] Mobarak, K., Espeland, L., and Krogstad, O., "Soft tissue profile changes following mandibular advancement surgery: predictability and long-term outcome", *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics*, 119(4), 353-367, 2001.
- [79] Moldez, M. A., Sugawara, J., Umemori, M., Mitani, H., and Kawamura, H., "Long-term dentofacial stability after bimaxillary surgery in skeletal Class III open bite patients", *Int. J. Adult Orthodon. Orthognath. Surg.*, vol. 15, no. 4, pp. 309–19, 2000.
- [80] Mommaerts, M. Y. and Marxer, H., "A cephalometric analysis of the long-term, soft tissue profile changes which accompany the advancement of the mandible by sagittal split ramus osteotomies", *J. Cranio-Maxillofacial Surg.*, vol. 15, pp. 127–131, Jan. 1987.
- [81] Mommaerts, M. Y., Shteif, M., Hendrickx, K., and Laster, Z., "Surgical options in deep-bite mandibular deficiency with prominent chin - aesthetic considerations", *J. Craniomaxillofac. Surg.*, vol. 32, no. 2, pp. 112–8, Apr. 2004.
- [82] Moorrees, C. F. A. and Kean, M. R., "Natural head position, a basic consideration in the interpretation of cephalometric radiographs", *Am. J. Phys. Anthropol.*, vol. 16, no. 2, pp. 213–234, Jun. 1958.
- [83] Nanda, R., Ghosh, J., and Bazakidou, E., "Three-dimensional facial analysis using a video imaging system", *The Angle Orthodontist*, 66(3), 181-188, 1996.
- [84] Paiva, J. B. de, Attizzani, M. F., Miasiro Júnior, H., and Rino Neto, J., "Facial harmony in orthodontic diagnosis and planning", *Braz. Oral Res.*, vol. 24, no. 1, pp. 52–57, Mar. 2010.
- [85] Panofsky, E., "Aufsätze zu Grundlagen der Kunstwissenschaft. Hrsg.: Hariolf Oberer und Egon Verheyen", 1974.

- 
- [86] Park, S., Yoon, J., Kim, Y., Hwang, D., and Cho, B., "The evaluation of the nasal morphologic changes after bimaxillary surgery in skeletal class III malocclusion by using the superimposition of cone-beam computed", *Journal of Cranio-maxillo-facial Surgery*, 40(4), e87-e92, 2012.
- [87] Peck, H. and Peck, S., "A concept of facial esthetics", *The Angle Orthodontist*, 40(4), 284-317, 1970.
- [88] Rasse, M., Forkert, G., and Waldhäusl, P., "Stereophotogrammetry of facial soft tissue", *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 20, no. 3, pp. 163–166, Jun. 1991.
- [89] Reuther, J., "Orthognathe Chirurgie: skelettverlagernde Operationen", *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*, vol. 4, no. S1, pp. S237–S248, Jan. 2013.
- [90] Ricketts, R., "Planning treatment on the basis of the facial pattern and an estimate of its growth", *The Angle Orthodontist*, 27(1), 14-37, 1957.
- [91] Riedel, R. A., "An analysis of dentofacial relationships", *Am. J. Orthod.*, vol. 43, no. 2, pp. 103–119, Feb. 1957.
- [92] Riedl, S., "[Modern operations management in workflow operation. Spectrum of responsibilities and challenges for the future]", *Die Chir. Zeitschrift für alle Gebiete der Oper. Medizin*, vol. 73, no. 2, pp. 105–110, Feb. 2002.
- [93] Rodt, T., Bartling, S., and Zajaczek, J., "Evaluation of surface and volume rendering in 3D-CT of facial fractures", *Dentomaxillofacial Radiology*, 35(4), 227-231, 2006.
- [94] Rudzki-Janson, I. and Thedens, K., "Fotodokumentation, Profil und Enface-Analyse, Videoimaging", *Kieferorthopädie I. Orofaziale Entwicklung und Diagnostik*. Urban und Fischer, München, 89, 2000.
- [95] Rustemeyer, J. and Martin, A., "Soft tissue response in orthognathic surgery patients treated by bimaxillary osteotomy: cephalometry compared with 2-D photogrammetry", *Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 17, no. 1, pp. 33–41, Mar. 2013.
- [96] Schaaf, H., Streckbein, P., Ettore, G., Lowry, J. C., Mommaerts, M. Y., and Howaldt, H.-P., "Standards for digital photography in cranio-maxillo-facial surgery--part II: additional picture sets and avoiding common mistakes", *J. Craniomaxillofac. Surg.*, vol. 34, no. 6, pp. 366–77, Sep. 2006.

- 
- [97] Scheideman, G. B., Bell, W. H., Legan, H. L., Finn, R. A., and Reisch, J. S., "Cephalometric analysis of dentofacial normals", *Am. J. Orthod.*, vol. 78, no. 4, pp. 404–420, Oct. 1980.
- [98] Scheuer, H., Höltje, W., and Hasund, A., "Orthodontic pre-and postoperative treatment in bimaxillary osteotomy", *Fortschritte der Kiefer-und Gesichts-Chirurgie*, 40, 11, 1995.
- [99] Schneider, M., Tzscharnke, O., Pilling, E., Lauer, G., and Eckelt, U., "Comparison of the predicted surgical results following virtual planning with those actually achieved following bimaxillary operation of dysgnathia", *J. Craniomaxillofac. Surg.*, vol. 33, no. 1, pp. 8–12, Feb. 2005.
- [100] Schwarz, A., "Die Röntgendiagnostik", Urban Schwarz. Wien, 1958.
- [101] Schwenzer-Zimmerer, K. and Chaitidis, D., "Quantitative 3D soft tissue analysis of symmetry prior to and after unilateral cleft lip repair compared with non-cleft persons (performed in Cambodia)", *Journal of cranio-maxillo-facial surgery*, 36(8), 431-438, 2008.
- [102] Sforza, C., Peretta, R., Grandi, G., and Ferronato, G., "Three-dimensional facial morphometry in skeletal Class III patients: A non-invasive study of soft-tissue changes before and after orthognathic surgery", *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 45(2), 138-144, 2007.
- [103] Sforza, C., Peretta, R., Grandi, G., and Ferronato, G., "Soft tissue facial volumes and shape in skeletal Class III patients before and after orthognathic surgery treatment", *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery*, 60(2), 130-138, 2007.
- [104] Skinazi, G. L., Lindauer, S. J., and Isaacson, R. J., "Chin, nose, and lips. Normal ratios in young men and women", *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 106, no. 5, pp. 518–23, Nov. 1994.
- [105] Soncul, M. and Bamber, M. A., "The reproducibility of the head position for a laser scan using a novel morphometric analysis for orthognathic surgery", *Int. J. Oral Maxillofac. Surg.*, vol. 29, no. 2, pp. 86–90, Apr. 2000.
- [106] Soncul, M. and Bamber, M., "The optical surface scan as an alternative to the cephalograph for soft tissue analysis for orthognathic surgery", *The International journal of adult orthodontics and orthognathic surgery*, 14(4), 277-28, 1998.

- [107] Spradley, F., Jacobs, J., and Crowe, D., "Assessment of the anteroposterior soft-tissue contour of the lower facial third in the ideal young adult", *American journal of orthodontics*, 79(3), 316-325, 1981.
- [108] Stauber, I., Vairaktaris, E., Holst, A., and Schuster, M., "Three-dimensional analysis of facial symmetry in cleft lip and palate patients using optical surface data", *Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie*, 69(4), 268-282, 2008.
- [109] Steinhäuser, E., Janson, I., "Kieferorthopädische Chirurgie", Berlin: Band 1. Quintessenz, 62-66, 1988.
- [110] Steinhauser, E. and Palluck, E., "Weichteilvorhersage bei bimaxillaren Operationen", *Fortschritte der Kiefer und Gesichtschirurgie*, 40, 50-56, 1995.
- [111] Stoner, M. M., "A photometric analysis of the facial profile", *Am. J. Orthod.*, vol. 41, no. 6, pp. 453–469, Jun. 1955.
- [112] Subtelny, J. D., "A longitudinal study of soft tissue facial structures and their profile characteristics, defined in relation to underlying skeletal structures", *Am. J. Orthod.*, vol. 45, no. 7, pp. 481–507, Jul. 1959.
- [113] Subtelny, J., "The soft tissue profile, growth and treatment changes", *The Angle Orthodontist*, 31(2), 105-122, 1961.
- [114] Wasserstein, A., Shpack, N., Ben Yoseph, Y., Geron, S., Davidovitch, M., and Vardimon, A., "Comparison of lateral photographic and radiographic sagittal analysis in relation to Angle's classification", *J. Orofac. Orthop. = Fortschritte der Kieferorthopädie Organ/official J. Dtsch. Gesellschaft für Kieferorthopädie*, vol. 76, no. 4, pp. 294–304, Jul. 2015.
- [115] Watted, N. and Bartsch, A., "Esthetic Aspects of Orthodontic-Surgical Treatment of Sagittal-Vertical Anomalies: The Example of the Short Face Syndrome", *J. Orofac. Orthop. / Fortschritte der Kieferorthopädie*, vol. 63, no. 2, pp. 129–142, Mar. 2002.
- [116] Wermker, K., Kleinheinz, J., Jung, S., and Dirksen, D., "Soft tissue response and facial symmetry after orthognathic surgery", *J. Cranio-Maxillofacial Surg.*, vol. 42, no. 6, pp. e339–e345, 2014.
- [117] Wictorin, L., Hilleström, K., and Sörensen, S., "Biological and Psycho-Social Factors in Patients with Malformation of the Jaws: I. A Study of 95 Patients Prior to Treatment", *Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, vol. 3, no. 2, pp. 138–143, Jan. 1969.

- [118] Wolford, L. M., Schendel, S. A., and Epker, B. N., "Surgical-orthodontic correction of mandibular deficiency in growing children. Long term treatment results", *J. Maxillofac. Surg.*, vol. 7, no. C, pp. 61–72, 1979.
- [119] Zylinski, C. G., Nanda, R. S., and Kapila, S., "Analysis of soft tissue facial profile in white males", *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, vol. 101, no. 6, pp. 514–8, Jun. 1992.

## Kongressbeiträge

(2015) Vortrag auf Jahreskongress der ÖGMKG in Bad Hofgastein

**„Die Weichteilanalyse nach Rob Mulié als maßgebliche Grundlage einer suffizienten Modelloperation“** – S. Böttger, C. Kähling, Y. Nowak, P. Streckbein, J. F. Wilbrand, H-P. Howaldt

(2015) Vortrag auf Jahreskongress der DGMKG in Stuttgart

**„Die Weichteilanalyse nach Rob Mulié als maßgebliche Grundlage einer suffizienten Modelloperation“** – Böttger S., Nowak, Y., Kähling, C., Wilbrand, J-F., Streckbein,P., Howaldt, H-P.

## Erklärung zur Dissertation

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie unter der Leitung von Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H.-P. Howaldt am Universitätsklinikum Gießen angefertigt.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich in jeglicher Hinsicht bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ganz herzlich möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. H.-P. Howaldt für die Überlassung des Dissertationsthemas und die freundliche Aufnahme in die Abteilung bedanken. Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Dr. med. dent. S. Böttger, welcher mich bei der Bearbeitung der Dissertation stets mit großer Begeisterung unterstützt und ermutigt hat. Mit seinen wertvollen Ratschlägen und seiner sehr guten fachlichen Betreuung hat er maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Mein weiterer Dank gilt Herrn PD Dr. med. Dr. med. dent. P. Streckbein und Herrn Dr. med. C. Kähling aus der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie, die als Mitglieder des Dysgnathie-Teams jederzeit für etwaige fachliche Fragen zur Verfügung standen.

Bedanken möchte ich mich auch ganz herzlich bei Herrn Dr. J. Pons-Kühnemann und Frau Dr. A. Windhorst aus dem Institut für medizinische Statistik der Universität Gießen, für die freundliche Unterstützung bei der Anfertigung der Statistiken.

Ein ganz großer Dank gilt nicht zuletzt den wichtigsten Menschen in meinem Leben, die mich während der letzten Jahre immer unterstützt und an mich geglaubt haben. Meiner Freundin Sarah, meinen Eltern, meiner Schwester Carolin und ihrem Mann Alex, sowie meiner gesamten Familie und meinen Freunden für den Rückhalt und die nötige Kraft, die sie mir geben.