Aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie -Plastische Operationen-

(Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Rustemeyer) des Klinikums Bremen-Mitte

Kephalometrische und photogrammetrische Analysen von Weichteilveränderungen des Gesichtsprofils nach orthognathen chirurgischen Eingriffen

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades für Zahnheilkunde

der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Alice Katharina Troue geb. Martin

aus

Bremen

Göttingen 2013

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. Heyo K. Kroemer

I. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Jan Rustemeyer

II. Berichterstatter/in: Priv.-Doz. Dr. med. dent. Nikolaus Gersdorff

III. Berichterstatter/in: Prof. Dr. med. dent. Rainer F. Mausberg

Tag der mündlichen Prüfung: 30.07.2013

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	1
1.1 Stellenwert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Verfahren zur Behebung von	
SKELETTALEN FEHLBILDUNGEN	1
1.2 Begriffsbestimmungen	2
1.2.1 Eugnathie	2
1.2.2 Dysgnathie	3
1.2.3 Angle-Klassifikation	4
1.2.4 Kephalometrie	7
1.2.5 Photogrammetrie	7
1.3 HISTORISCHE ENTWICKLUNG DER KIEFERORTHOPÄDISCH-KIEFERCHIRURGISCHEN VERFAHREN	8
1.4 THERAPIE SKELETTALER ANOMALIEN	10
1.5 OPERATIVE VERFAHREN DER UMSTELLUNGSOSTEOTOMIEN	11
1.5.1 Unterkieferverlagerung	12
1.5.2 Oberkieferverlagerung	13
1.5.3 Bimaxilläre Verlagerungen	13
1.5.4 Komplikationen	18
1.6 Fragestellungen und Ziele der Arbeit	19
2 MATERIAL UND METHODEN	20
2.1 Patientenkollektiv	20
2.2 KEPHALOMETRISCHE ANALYSE MITTELS FERNRÖNTGENSEITENAUFNAHMEN	20
2.3 Profilanalyse mittels zweidimensionaler (2-D) Photogrammetrie	24
2.4 Statistik und Berechnungen	27
3 ERGEBNISSE	29
3.1 Patientenkollektiv	29
3.2 Patienten mit bimaxillärer Umstellungsosteotomie (BIMAX)	32
3.2.1 Weichgewebswinkel und -strecken	
3.2.2 Weichgewebspunkte	33
3.2.3 Korrelationen zwischen kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen	
Weichgewebsparametern und kephalometrischen Hartgewebsparametern	34
3.2.4 Korrespondierende Hart- und Weichgewebsveränderungen	38
3.3 PATIENTEN MIT ALLEINIGER UNTERKIEFEROSTEOTOMIE (BSSRO)	40
3.3.1 Weichgewebswinkel und -strecken	40
3.3.2 Weichgewebspunkte	41
3.3.3 Korrelationen zwischen kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen	
Weichgewebsparametern und kephalometrischen Hartgewebsparametern	42
3.3.4 Korrespondierende Hart- und Weichgewebsveränderungen	
3.4 ZUSAMMENFASSUNG DER WICHTIGSTEN ERGEBNISSE	47
4 DISKUSSION	49
4.1 Fehlerquellen	49
4.2 GESCHLECHTSSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE BEI WEICHGEWEBS- UND HARTGEWEBS-BEWEGUNGEN	ı 50
4.3 WERTIGKEIT DES WEICHTEILPROFILWINKELS FÜR EIN NORMIERTES KONTURENPROFIL	51

4.4 Weich- und Hartgewebsveränderungen nach bimaxillären Osteotomien (BIMAX) 52
4.4.1 Unterschiede zwischen Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie	52
4.4.2 Verhältnis von prä- zu postoperativen Weich- und Hartgewebsbewe	egungen 54
4.5 WEICH- UND HARTGEWEBSVERÄNDERUNGEN NACH ALLEINIGEN UNTERKIEFERVERLA	GERUNGEN (BSSRO)
	55
4.5.1 Unterschiede zwischen Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie	55
4.5.2 Verhältnis von prä- zu postoperativen Weich- und Hartgewebsbewe	egungen 55
4.6 Wertigkeit der Kephalometrie und der 2-D Photogrammetrie in Abhängig	KEIT VON DER
Umstellungsosteotomie und der Angle-Klassen	57
4.7 Stellenwert von Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie gegenüber 3-)
Analyseverfahren	59
4.8 Ausblick und Klinische Relevanz der eigenen Ergebnisse	60
5 ZUSAMMENFASSUNG	62
6 LITERATURVERZEICHNIS	64

1 Einleitung

1.1 Stellenwert kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Verfahren zur Behebung von skelettalen Fehlbildungen

Während der letzten Jahre etablierte sich die chirurgische Kieferorthopädie als bevorzugte Methode zur Korrektur von mäßigen bis starken skelettalen Fehlstellungen und Deformitäten der Kiefer-Gesichts-Region. Dennoch ist das "schöne Gesicht" medizinisch gesehen zurzeit nicht kontrolliert planbar, da neben den statistischen Hartund Weichgewebsproportionen auch dynamische Aspekte, wie die Physiognomie und die Mimik, in die subjektive Wahrnehmung von ästhetischer Ausstrahlung einfließen. Attraktivität und ein ansprechendes Lächeln sind subjektive Wahrnehmungen und unterliegen daher einer erheblichen Variationsbreite (Diedrich 2000 a). Der erste Eindruck spielt heutzutage eine maßgebende Rolle und in Sekundenschnelle wird entschieden, ob ein Gesicht attraktiv ist oder nicht. Besonders Mund, Zähne und die gesamte Mittelgesichtspartie spielen bei diesen Eindrücken eine wichtige Rolle, denn die Kiefer prägen das Gesichtsprofil und beeinflussen wesentlich die Stellung der Zähne. Die Anforderungen an die chirurgische Kieferorthopädie sind dementsprechend hoch und das Bewusstsein für die Behandlungsmöglichkeiten unter den Patienten hat sich verändert. So besteht für viele Patienten die primäre Motivation zur Behandlungsaufnahme in der Verbesserung der dentofazialen Ästhetik. Die Kieferorthopädie ermöglicht mithilfe verschiedenster Korrekturen die ästhetische und funktionelle Harmonie des Gesichtsschädels zu beeinflussen (Abb. 1). Mittlerweile 20 unterziehen sich mehr Patienten als vor Jahren einer kombinierten kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung, um eine ästhetische Verbesserung zu erreichen, auch wenn sie unter weniger starken ästhetischen Beeinträchtigungen zu leiden haben (Papadopoulos et al. 2009). Verschiedene Faktoren tragen zu dieser Tendenz bei. Vor allen Dingen änderten die Behandler ihre Auswahlkriterien der Patienten zu Gunsten von operativen Verfahren, da die kombinierte kieferorthopädischkieferchirurgische Behandlung mittlerweile verfügbarer, sicherer und präziser geworden ist und auch die Langzeitstabilität des stomatognathen Systems wesentlich verbessert worden ist (Horch 2007).

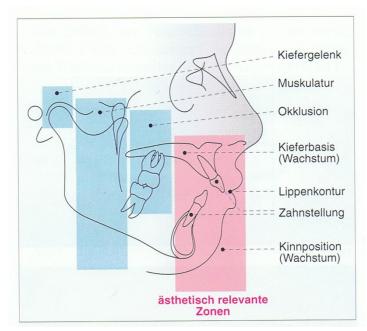


Abb. 1: Kieferorthopädische Möglichkeiten, die ästhetische und funktionelle Harmonie des Gesichtsschädels zu beeinflussen (Hupfauf und Nolden 1995, S. 101)

1.2 Begriffsbestimmungen

1.2.1 Eugnathie

Eugnathie bezeichnet das morphologisch und funktionell optimale Gebiss. Ein eugnathes Gebiss weist die vollständige Anzahl der Zähne, normale Zahnformen, einen harmonischen Zahnbogen ohne Engstand und Lücken, eine korrekte Größe der Kieferbasen, keine Einzelzahnabweichungen, eine korrekte Einlagerung der Kieferbasen in den Schädel, eine Übereinstimmung der Kiefermitten, eine reguläre vertikale und horizontale Frontzahnstufe und eine ungehinderte statische und dynamische Okklusion auf sowie die korrekte Beziehung der jeweiligen Zahnreihen (2:1 Antagonismus). Im eugnathen Gebiss sind die Zahnbögen kongruent. Im Frontzahnbereich ergibt sich eine labiale und in beiden Seitenzahnbereichen eine bukkale Überlappung der Oberkieferzähne über die Unterkieferzähne. Das eugnathe Gebiss ist das anzustrebende Ziel jeder kieferorthopädischen Behandlung (Schopf 1994 a; Kahl-Nieke 2001).

1.2.2 Dysgnathie

Der Terminus Dysgnathie beschreibt eine angeborene oder erworbene Fehlstellung eines oder beider Kiefer. Sie kann symmetrisch oder asymmetrisch mit gestörter Lagebeziehung der Kiefer zueinander oder zur Schädelbasis, sowie mit gestörter Okklusion oder Artikulation auftreten (Schwenzer und Ehrenfeld 2002). In der medizinischen Zahnheilkunde wird zwischen dentoalveolären und skelettalen Dysgnathien unterschieden. Die häufigsten Formen von Dysgnathien der Kiefer können vorhanden sein in der

- Transversalebene (Ober-/Unterkiefer Engstand bzw. Zahnengstände)
- Sagittal- oder Horizontalebene (mandibuläre/maxilläre Prognathie/Retrognathie)
- Vertikalebene (verkürztes / verlängertes Mittelgesicht, offener Biss)
 (Tab 1).

Tab. 1: Häufigste Formen von Dysgnathien (Stelzenmüller und Wiesner 2004, S. 97)

	Oberkiefer Engstand
Transversale Dysgnathien	Unterkiefer Engstand
	mandibuläre Retrognathie
Sagittale Dysgnathien	Mikrognathie - "Vogelgesicht"
	maxilläre Retrognathie
	mandibuläre Prognathie
	maxilläre Prognathie
	frontal offener Biss
Vertikale Dysgnathien	seitlich offener Biss
	verlängertes Mittelgesicht
	Gesichtsskoliosen

Hauptmerkmal dentoalveolärer Dysgnathien sind Fehlstellungen im Zahnhalteapparat, während bei den skelettalen Dysgnathien Anomalien der Lage oder Größe von Oberund Unterkiefer zueinander oder zur Schädelbasis hinzukommen. Trotz dieser Unterscheidung sind skelettale und dentoalveoläre Dysgnathien selten voneinander zu trennen und liegen häufig kombiniert vor (Schamsawary 2007). Dysgnathien können nicht nur die äußere Erscheinung beeinträchtigen und psychisch zu einer Belastung werden, sondern auch zu einer Reihe von funktionalen Problemen führen. Durch eine abnorme Lagebeziehung der Zahnbögen zueinander kann es zu Okklusionsstörungen und Fehlbelastungen einzelner Zähne kommen. Die Abbiss- und Kaufunktion kann aufgrund der erhöhten sagittalen Stufe und des singulären Antagonismus eingeschränkt sein. Weiterhin besteht ein erhöhtes Risiko, prokliniert stehende Frontzähne durch Frontzahntraumata, aber auch durch parodontale Schäden zu verlieren (von Piekartz 2005). Die funktionellen Probleme können zu Beschwerden beim Essen und Sprechen führen. Oft ist kein Lippenschluss möglich und die Muskulatur reagiert mit Verspannungen (Kater 2011).

1.2.3 Angle-Klassifikation

Eine international bekannte Einteilung okklusaler Störungen erfolgt nach der auf morphologischen Kriterien basierenden Angle-Klassifikation benannt nach Edward Hartley Angle (USA, 1855-1930). Hierbei wird sich an dem ersten oberen Molaren orientiert, der als fix definiert wird und zu dem ersten unteren Molar in Beziehung gesetzt wird. Letzterer kann vor, in neutraler Lage oder hinter den ersten oberen Molaren positioniert sein. Dabei wird lediglich den Zustand der Okklusion beschrieben, die skelettale Lage der Kiefer in Relation zur Schädelbasisebene bleibt unberücksichtigt (Schinnenburg 2001). Ein Neutralbiss wird als Angle-Klasse I bezeichnet (Abb.2).

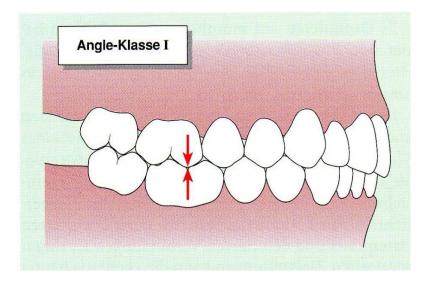


Abb. 2: Schematische Darstellung der Angle-Klasse I. Die mesiobukkale Höckerspitze des ersten oberen Molaren greift in die Querfissur zwischen dem mesio- und zentrobukkalen Höcker des ersten unteren Molaren (Diedrich 2000 a, S. 110)

Ein Distalbiss wird als Angle-Klasse II definiert. Der Unterkiefer ist hierbei in der sagittalen Beziehung zum Oberkiefer nach distal verschoben. Der mesiobukkale Höcker des ersten oberen Molaren kommt vor der ersten Querfissur des ersten untern Molaren zum Liegen. Die Unterkategorie Klasse II/1 beschreibt einen Distalbiss mit proklinierter Oberkieferfront (Abb.3), die Bezeichnung Klasse II/2 bezieht sich auf einen Distalbiss mit reklinierter Oberkieferfront (Deckbiss) (Abb.4).

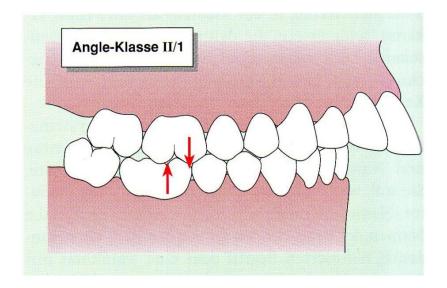


Abb. 3: Schematische Darstellung der Angle-Klasse II/1. Die mesiobukkale Höckerspitze des ersten oberen Molaren ist nach mesial verschoben, die Oberkiefer Frontzähne stehen prokliniert (Diedrich 2000 a, S. 110)

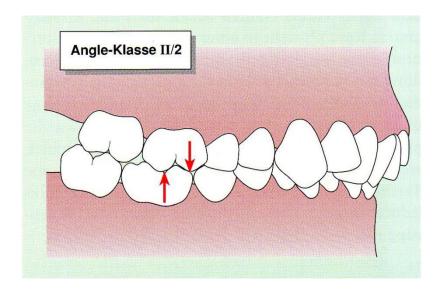


Abb. 4: Schematische Darstellung der Angle-Klasse II/2. Die mesiobukkale Höckerspitze des ersten oberen Molaren ist nach mesial verschoben, die Oberkiefer Frontzähne stehen rekliniert (Diedrich 2000 a, S. 110)

Ein Mesialbiss wird als Angle-Klasse III klassifiziert. Hierbei ist der Unterkiefer im Bezug zum Oberkiefer nach mesial verschoben. Der mesio-bukkale Höcker des ersten oberen Molaren greift hinter die Querfissur des unteren ersten Molaren (Abb. 5). Hierbei kommt es zu einem Kopf- oder Kreuzbiss der Oberkieferfront und einer unterschiedlich stark ausgeprägten Vorverlagerung des Kinns im seitlichen Gesichtsprofil.

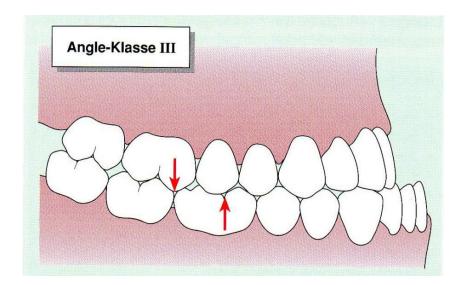


Abb. 5: Schematische Darstellung der Angle-Klasse III. Die mesiobukkale Höckerspitze des ersten oberen Molaren ist nach distal verschoben (Diedrich 2000 a, S. 111)

1.2.4 Kephalometrie

Die metrische Auswertung des Fernröntgenseitenbildes (FRS) ist eine flankierende Maßnahme für die kieferorthopädische Diagnostik, das heißt eine alleinige FRS-Diagnostik ist nicht ausreichend, um zu therapeutischen Entscheidungen und prognostischen Einschätzungen zu gelangen (Harzer 1999).

Bei der kephalometrischen Analyse werden im FRS bestimmte Hartdann Weichgewebspunkte die manuell oder mit Hilfe markiert, eines Computerprogramms ausgewertet werden können. Für diese in der Sagittal-Horizontalebene aus Punkten konstruierten Winkel und Strecken existieren Normgrößen, die als Maßstab für die Ausprägung einer skelettalen Dysgnathie gelten. Die gemessenen Werte geben das Verhältnis von Ober- zu Unterkiefer und zum Gesichtsschädel wieder. Weichen die Werte von der Norm ab, können dadurch beispielsweise Wachstumstendenzen erkannt und dementsprechend eine Therapie geplant werden (Nötzel et al. 2007).

1.2.5 Photogrammetrie

Die Photogrammetrie wird allgemein als Ver- und Bearbeitung von Bildern und deren Vermessung bezeichnet. Im Rahmen der kieferorthopädischen Befundaufnahme werden von den Patienten standardisierte Fotografien angefertigt, um insbesondere das Profil zu beurteilen.

Bei der proportionalen Weichteilanalyse lässt sich die Gesichtshöhe in drei Abschnitte einteilen, die sogenannten Kollmannschen Proportionen (Knak 2004). Dabei werden folgende Messpunkte verwendet:

- Trichion (Haaransatz)
- Nasion (Nasenwurzel)
- Subnasale (Ansatz der Oberlippe am Nasensteg)
- Gnathion (unterer Kinnrand) (Abb. 6).

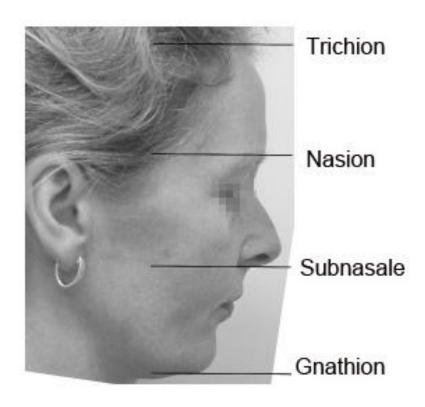


Abb. 6: Die drei vertikalen Abschnitte des Gesichtsprofils

In einem harmonischen Gesichtsprofil haben diese drei vertikalen Abschnitte annähernd die gleiche Größe (Schinnenburg 2001). Die Kollmannschen Proportionen eignen sich jedoch lediglich für eine orientierende Einschätzung des Gesichtsprofils, während für eine genauere Analyse in Anlehnung an die Kephalometrie Weichteilprofilpunkte und Winkel angezeichnet und gemessen werden.

1.3 Historische Entwicklung der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Verfahren

Die ersten chirurgischen Eingriffe mit temporärer Verlagerung des Oberkiefers wurden 1859 von Langenbeck durchgeführt, um nasopharyngeale Polypen zu entfernen (Wolff 1863). In den folgenden 70 Jahren haben diverse Autoren verschiedene Techniken der Osteotomie des Oberkiefers beschrieben, bei denen die Maxilla erstmals vollständig mobilisiert wird. 1901 publizierte Le Fort seine Ergebnisse zu bevorzugten Frakturlinien des Oberkiefers nach Kiefertraumata, an denen sich heute noch orientiert wird. 1927 beschrieb Wassmund erstmals die Le-Fort-I-Osteotomie als Korrektur für Mittelgesichtsdeformationen. Axhausen führte 1934 die erste Osteotomie des Oberkiefers mit totaler Mobilisation und anschließender Repositionierung durch

(Miloro 2004). Durch eine genaue Darstellung der operativen Durchführung durch Obwegeser (1965) und die *Down-Fracture*-Technik nach Bell et al. (1975) wurde diese Methode zu einem Standardverfahren.

Die Entwicklung der operativen Verfahren zur Korrektur von Unterkieferdeformitäten begann 1849 mit der ersten Aufzeichnung durch Hullihen. Hierbei wurde zur Korrektur eines offenen Bisses und einer dentoalveolären Protrusion intraoral der anteriore Teil des Unterkiefers in einer subapikalen Osteotomie nach kranial-dorsal versetzt. Rund 50 Jahre später beschrieb Angle eine durch Blair durchgeführte Osteotomie des Unterkiefers, bei der der horizontale Part beidseitig oberhalb des Nerveneintritts abgetrennt wurde, um einen Keil zu entfernen und den Unterkiefer so zu verkürzen. Die ersten Operationen vor der Etablierung von Antibiotika wurden durch einen extraoralen, submandibulären Zugang durchgeführt, bei dem das Risiko einer ästhetischen Beeinflussung durch Narbenbildung bewusst in Kauf genommen wurde. Da eine Verletzung des Nervus facialis bei extraoralem Zugang nicht auszuschließen war, wurden nach der Einführung der Antibiotika und Entwicklung von geeignetem Instrumentarium Anfang des 20. Jahrhunderts die ersten Operationen über einen intraoralen Zugang durchgeführt. Die Technik war anspruchsvoller, hatte aber entscheidende Vorteile in Bezug auf die äußere Ästhetik und den Schutz der peripheren Äste des N. facialis (Papel 2009). Im weiteren Verlauf wurde eine Vielzahl von chirurgischen Eingriffen beschrieben. Hierbei basierten die verschiedenen Techniken auf unterschiedlichen Osteotomielinien, um die Knochenanlagerungsfläche zu vergrößern und entweder horizontal am Corpus, am aufsteigenden Ast (Obwegeser und Trauner 1955), am Kieferwinkel (Trauner und Obwegeser 1957; Gotte 1966) oder vertikal subkondylär (Caldwell und Lettermann 1954; Moose 1964; Wassmund 1927; Miloro 2004) angelegt wurden (Abb. 7). Nach 1957 etablierte sich die SSRO (Sagittal split als Standardverfahren der ramus osteotomy) Behandlung Unterkieferfehlstellungen (Dalpont 1961; Epker 1977; Gallo et al. 1976; Hunsuck 1968; Ylikontiola et al. 2000).

1970 wurde von Obwegeser die erste bimaxilläre Umstellungsosteotomie durchgeführt; die Operation erlaubte die Angleichung des Oberkiefers an den Unterkiefer in einer Sitzung; gleichzeitig konnten bessere funktionelle Ergebnisse mit geringen Rezidivraten und auch günstigere ästhetische Ergebnisse erzielt werden (Steinhäuser 1996).

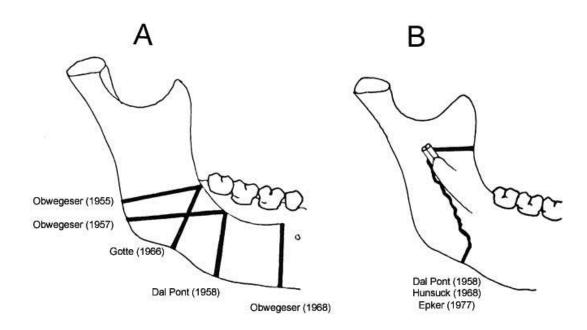


Abb. 7: Schematische Darstellung der verschiedenen Osteotomielinien bei Unterkieferverlagerungen

(A) Bukkale Schnittführung, (B) linguale Schnittführung (Obwegeser 2001, S. 372)

1.4 Therapie skelettaler Anomalien

Einige Zahnstellungs- und Kieferanomalien lassen sich konservativ, das heißt allein mittels kieferorthopädischer Apparaturen erfolgreich korrigieren. Voraussetzung für einen Therapieerfolg ist allerdings, dass die Behandlung rechtzeitig begonnen und unter Nutzung des Wachstums durchgeführt wird. Auch die Compliance des Patienten spielt eine große Rolle. Wird die konventionelle Therapie nicht rechtzeitig begonnen oder bestehen extreme skelettale Fehlbildungen mit ungünstigem, kieferorthopädisch nicht beeinflussbarem Kiefer- oder Schädelwachstum, wird eine chirurgische Korrektur mit begleitender orthodontischer Behandlung notwendig (Schopf 1994 b).

Um ein sicheres Langzeitergebnis zu erzielen, sollte der chirurgische Eingriff zur Korrektur von Kieferfehlstellungen erst nach Abschluss des Wachstums durchgeführt werden. Bei Mädchen ist dieser Zeitpunkt durchschnittlich gegen Ende des 16. Lebensjahres, bei Jungen gegen Ende des 18. Lebensjahres erreicht. Abweichungen von zwei Jahren mehr oder weniger sind möglich und sollten berücksichtigt werden. Entscheidend für die Festlegung eines Operationszeitpunktes sind somit weniger das numerische Alter des Patienten, sondern vielmehr die Dysgnathieform und das skelettale Alter. Letzteres wird üblicherweise mithilfe der Handröntgenaufnahme

beurteilt (Greulich und Pyle 1959). Darüber hinaus sollte die prächirurgische kieferorthopädische Vorbehandlung (Dekompensation) abgeschlossen sein, bevor die Kiefer in ihre "neue" Position gesetzt werden. Das Prinzip ist, die dentoalveolären Strukturen entsprechend einer ausgewogenen Funktion des stomatognaten Systems auszurichten (Horch 2007). Temporär können damit eine Profil- sowie eine Okklusionsverschlechterung verbunden sein, worüber der Patient unbedingt aufgeklärt werden muss (Harzer 1999). Nach erfolgreichem Abschluss der Dekompensationsphase kann die Planung der Operation beginnen. Dazu werden von beiden Kiefern aktuelle Abdrücke genommen und Gipsmodelle hergestellt. Diese werden nach einer Gesichtsbogenregistrierung und einem Zentrikregistrat in einen justierbaren Artikulator für eine dreidimensionale Planung montiert. Nach Auswertung des FRS wird das Therapieziel geplant und die Verlagerung in den Ebenen bestimmt. Die Operation wird dann an den Modellen simuliert und gegebenenfalls noch Korrekturen bezüglich der durchgeführt. Anschließend werden verschiedene Bissschlüssel Verlagerung (Kunststoffsplints) für die Positionierung der Kiefer während der Operation hergestellt. Nachdem durch die Operation die Kiefer neu positioniert wurden, erfolgt, um langfristig ein möglichst optimales Ergebnis zu erzielen, in der abschließenden kieferorthopädischen Nachbehandlungsphase die Feineinstellung. Abschließend wird, um die neue Situation dauerhaft zu sichern, ein Retainer eingesetzt, der insbesondere die Frontzähne vor einem Rezidiv schützt (Garrett et al. 2000). Die Ziele einer Dysgnathieoperation können insgesamt wie folgt zusammengefasst werden: Harmonisierung des Gesichtsprofils und der ästhetischen Lachlinie, funktionelle Kiefergelenksprophylaxe, Verbesserung der Kaufunktion, harmonische Kieferbasenrelation und Verbesserung der Sprach- und Schluckfunktion (Diedrich 2000 b).

1.5 Operative Verfahren der Umstellungsosteotomien

Nach stationärer Aufnahme des Patienten wird die Operation in Allgemeinnarkose durchgeführt. Es werden, je nach Indikation, die zahntragenden Anteile der Kiefer mobilisiert und repositioniert. Wird nur ein Kiefer operiert, spricht man von einer monomaxillären, monognathen oder auch isolierten Ober- oder Unterkieferverlagerung, werden beide Kiefer operiert entsprechend von einer bimaxillären oder bignathen Verlagerung.

1.5.1 Unterkieferverlagerung

Zur Unterkiefervor- oder Rückverlagerungen wird heute als Standard das Verfahren der bilateralen sagittalen Spaltung des Unterkiefers (*Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy* (BSSRO)) verwendet. Hierbei wird der Unterkiefer am aufsteigenden Ast gespalten, ohne den in der Tiefe liegenden Nervus alveolaris inferior oder seinen Endast, den Nervus mentalis, zu verletzen. Bei der Methode von Obwegeser wird die bukkale Kompakta parallel zur lingualen Kompakta durchtrennt, bei der modifizierten Methode von Dal Pont erfolgt die Durchtrennung der bukkalen Kompakte schon in Höhe des ersten Molaren, um eine größere Anlagerungsfläche zu erreichen (Abb. 8). Die genaue Abfolge ist im Kapitel 1.5.3 beschrieben.

Nach intermaxillärer Fixation (IMF) werden die Unterkieferfragmente in zentrischer Relation mit Hilfe von Mini-Osteosyntheseplatten stabilisiert (Hönig 2002). Die Platten werden intraoral auf beiden Seiten des aufsteigenden Unterkieferastes platziert, wobei die Kondylen des Unterkiefers ohne sonstige Hilfsmittel in ihrer zentrischen Position ausgerichtet werden. Eine intermaxilläre Fixierung (IMF) wird für zwei Wochen durchgeführt und danach eine Mobilisation des Kiefergelenks durch elastische Gummizügel eingeleitet.

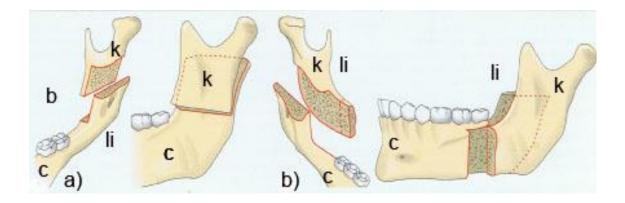


Abb. 8: Osteotomielinien der sagittalen Unterkieferspaltung a) nach Obwegeser b) modifiziert nach Dal Pont (Schwenzer und Ehrenfeld 2002, S. 254)

<u>b= bukkal, li= lingual, c= corpus mandibulae, k= kondylentragender Teil des</u> Unterkiefers

1.5.2 Oberkieferverlagerung

Bei einer Oberkieferverlagerung wird die Maxilla auf Höhe der Le-Fort-I-Ebene vom Schädel getrennt und mobilisiert. Dies geschieht durch eine direkte Osteotomie der fazialen und lateralen Wände der Kieferhöhle. Die dorsalen Wände der Kieferhöhle werden hingegen durch eine sogenannte "Down Fracture" vom Schädel getrennt (Abb. 9). Der genaue Ablauf des chirurgischen Procedere wird an Hand eines Beispiels in Kapitel 1.5.3 beschrieben.

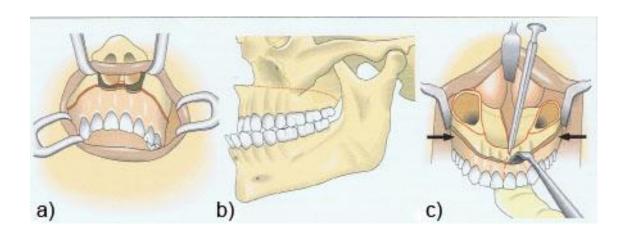


Abb. 9: Schematische Darstellung der Osteotomielinien der "Down Fracture"

a) von frontal, b) von lateral, c) median/sagittal nach "Down Fracture" (Schwenzer und Ehrenfeld 2002, S. 259)

1.5.3 Bimaxilläre Verlagerungen

Bei einer bimaxillären Umstellungsosteotomie werden beide monomaxillären Eingriffe miteinander kombiniert, wobei die Oberkieferumstellung vor der Unterkieferosteotomie durchgeführt wird. Zur Verdeutlichung des Operationsablaufes wird hier eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie an Hand einer eigenen Bilderfolge beschrieben: Im Oberkiefer wird die Schleimhaut vom rechten oberen bis zum linken oberen Prämolarenberich durchtrennt und ein Mukoperiostlappen präpariert, wobei beidseits die faziale und laterale Kieferhöhlenwand, sowie die Spina nasalis anterior dargestellt werden. Im Anschluss erfolgt die horizontale Osteotomie auf Höhe der Le-Fort-I-Ebene (Abb. 10).



Abb. 10: Darstellung des Operationssitus im Oberkiefer nach horizontaler Osteotomie auf Le-Fort-I-Ebene. OK= Oberkiefer, S= Spina nasalis anterior, F= Faziale Kieferhöhlenwand

Um den Oberkiefer vollständig mobilisieren zu können, wird dieser mit einen speziellen Zange (Rowe-Rüttelzange) von palatinal und nasal gefasst und nach kaudal mobilisiert ("*Down Fracture*"), wobei die hintere Kieferhöhlenwand kontrolliert frakturiert (Abb. 11a und 11b).

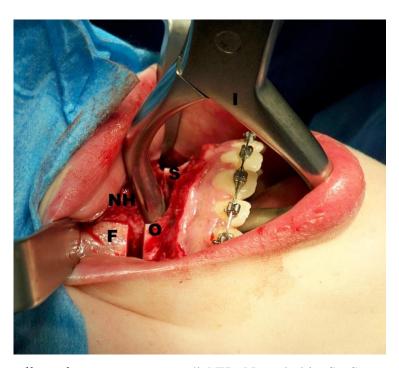


Abb. 11a: Darstellung der "Down Fracture". NH= Nasenhöhle, S= Septum nasi, O= Osteotomielinie, F=Faziale Kieferhöhlenwand, I= Rowe-Rüttelzange

Die in den Abbildungen gut sichtbaren Wände der Kieferhöhle, sowie das Nasenseptum müssen je nach gewünschter Verlagerungsrichtung gekürzt werden.

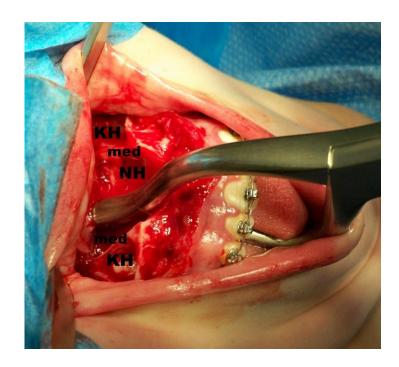
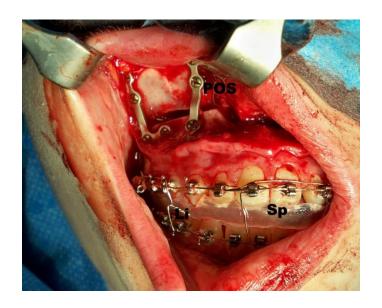


Abb. 11b: Zustand nach "Down Fracture" mit vollständig mobilisiertem Oberkiefer KH= Kieferhöhle, NH= Nasenhöhle, med= mediale Kieferhöhlenwand

Ist der Oberkiefer mobilisiert, kann er in die geplante Richtung bewegt werden, wobei die dorsal Bewegung aufgrund der angrenzenden Strukturen auf ca. zwei Millimeter begrenzt ist. Bei der Bewegung nach kranial (Impaktion) wird eine Ostektomie um den jeweiligen Betrag erforderlich. Mit Hilfe des zuvor angefertigten Splints wird der Oberkiefer mit dem in zentraler Kondylenposition ausgerichteten Unterkiefer mit Ligaturen verbunden. Anschließend wird die neue Position des Oberkiefers durch das Einbringen von Osteosyntheseplatten, welche paranasal und in der Region der Crista zygomaticoalveolaris platziert werden, fixiert (Abb. 12).



<u>Abb. 12: Zustand nach Fixation mit Miniosteosyntheseplatten</u>

<u>POS= Plattenosteosynthese, Sp= Splint, Li= Ligatur zur Intermaxillären Fixation</u>

Ist der Oberkiefer in der geplanten Position fixiert, kann mit der Osteotomie des Unterkiefers begonnen werden. Hierbei wird auf beiden Seiten ein Schnitt bukkal des unteren zweiten Molaren bis zur Vorderkannte des aufsteigenden Astes der Mandibula durchgeführt. Die Schleimhaut wird samt Periost vom Knochen gelöst und somit die Knochenoberfläche dargestellt. Die Osteotomielinie verläuft auf der Innenseite des aufsteigenden Unterkieferastes oberhalb des Nerveintritts und endet auf der Außenseite auf Höhe des zweiten Molaren (Abb. 13). Mit einem Meißel wird nun die sagittale Spaltung vorsichtig vollendet, sodass nach abgeschlossener Osteotomie der anderen Seite nun ein zahntragendes und zwei gelenktragende Fragmente vorliegen. Die Nn. alveolares inferiores werden vollständig geschont und verbleiben im zahntragenden Fragment. Nach Verlagerung des zahntragenden Fragments wird dieses mit Hilfe eines Splints am Oberkiefer fixiert. Die gelenktragenden Fragmente werden in zentraler Kondylenposition eingestellt und dann am zuvor fixierten Unterkieferfragment mit Miniosteosyntheseplatten fixiert. Vor dem abschließenden Nahtverschluss wird die Mobilität des Unterkiefers überprüft und anschließend erneut intermaxillär mit Drahtligaturen fixiert (Abb. 14). Durch ein späteres postoperatives Röntgenbild lassen sich die Positionen der eingebrachten Osteosyntheseplatten und die neue Lage des Ober- sowie Unterkiefers kontrollieren (Abb. 15).

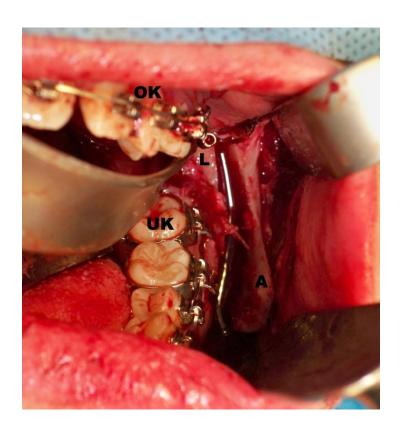


Abb. 13: Darstellung des Operationssitus der sagittalen Spaltung des Unterkiefers

OK= Oberkiefer, UK= Unterkiefer, L= lingualer Unterkieferabschnitt, A= aufsteigender

Unterkieferast (kondylentragender Abschnitt)

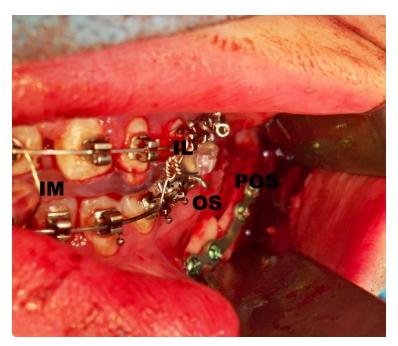


Abb. 14: Fixierung des Unterkieferfragments mittels Osteosyntheseplatten

POS= Plattenosteosynthese, OS= Osteotomiespalt, IL= Intermaxilläre Drahtligaturen,

IM= Intermaxillärer Splint



Abb. 15: OPT (Orthopantomogramm) postoperativ: Intermaxilläre Fixierung, Osteosynthesematerial in situ und Kondylen in Zentrik

Postoperativ werden die Patienten mit Analgetika und Antibiotika versorgt, um Schmerzzustände und eine Infektion des Operationsgebietes zu vermeiden. Eine Kühlung von extraoral wird immer durchgeführt, damit die Schwellung möglichst gering bleibt. Die intermaxilläre Fixation verbleibt für zwei Wochen und wird anschließend durch Gummibänder ersetzt. Nach einer primären Wundheilungsphase kann der behandelnde Kieferorthopäde mit der kieferorthopädischen Korrektur die einstellen. Es wird fortfahren und Feinokklusion empfohlen, die Osteosyntheseplatten nach neun bis zwölf Monaten wieder zu entfernen.

1.5.4 Komplikationen

Verschiedene Strukturen im Operationsbereich können geschädigt werden. Kommt es zu einer Durchtrennung des N. alveolaris inferior, bleibt ein Taubheitsgefühl in der Unterlippe dauerhaft zurück. Das Risiko liegt hierfür bei ca. 1%. In allerdings 30 - 40 % kommt es zu reversiblen sensiblen Ausfallserscheinungen (Westermark et al. 1998 a und b). Des Weiteren kann es zu Wundheilungsstörungen, Nachblutungen und Infektionen kommen. Ebenso können Nekrosen entstehen, auch Anteile vom Knochen können hierbei befallen sein. Durch Narbenbildung können sich ästhetische und funktionelle Nachteile ergeben. Bei der Osteotomie von Unter- und Oberkiefer können benachbarte Zahnwurzeln verletzt werden, was zu einer endodontischen Behandlung und letztlich auch zu Zahnverlust führen kann. Gerät der Kondylus postoperativ aus

seiner zentrischen Position, können postoperative Myoarthropathien ausgelöst oder verstärkt werden. Tritt während der Operation eine Dislokation des Kondylus auf, kann dies im schlimmsten Fall zu einem unvermeidlichen Rezidiv führen (Schopf 1994 b; Stelzenmüller und Wiesner 2004; Kolokitha und Chatzistavrou 2012).

1.6 Fragestellungen und Ziele der Arbeit

Um Veränderungen im Gesichtsprofil vorauszusagen, ist es essentiell, Zusammenhang zwischen Hartgewebschirurgie und den Effekt auf das darüber liegende Weichgewebe zu kennen. Seit in der chirurgischen Kieferorthopädie Unterkieferverlagerung mit oder ohne Oberkieferverlagerung durchgeführt wird, wurde vielfach versucht, diesen Zusammenhang zu klären (Chou et al. 2005; Enacar et al. 1999; Koh und Chew 2004; Lew et al. 1990; Lin und Kerr 1998). Trotz einer engen Beziehung zwischen der Verlagerung von Knochen und der Antwort des Weichgewebes ist für einige Weichgewebsparameter eine Vorhersagbarkeit in der horizontalen Ebene und besonders in der vertikalen Ebene schwierig (Dunlevy et al. 1987; Okudaira et al. 2008). Das Ziel dieser Studie war es daher, bei Patienten mit skelettalen Dysgnathien der Angle-Klasse II und III prä- und postoperative Veränderungen des Gesichtsprofils nach alleinigen Unterkieferumstellungsosteotomien und nach bimaxillären Umstellungsosteotomien kephalometrisch und zweidimensional (2-D)photogrammetrisch zu vergleichen und auf Gesetzmäßigkeiten hin zu untersuchen.

Insbesondere sollten folgende Fragen geklärt werden:

- Inwieweit korrelieren Weich- und Hartgewebsveränderungen miteinander?
- Welche Verhältnisse bestehen zwischen Weich- und Hartgewebsbewegungen in der horizontalen und vertikalen Ebene?
- Welche Unterschiede oder Gemeinsamkeiten bestehen zwischen kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen Messungen?
- Welche Wertigkeiten haben die Kephalometrie und die 2-D Photogrammetrie in Abhängigkeit vom operativen Verfahren und den Angle-Klassen?
- Wie ist der Stellenwert von Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie gegenüber 3-D Analyseverfahren?

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Insgesamt umfasste diese Studie 67 Patienten mit skelettalen Dysgnathien der Angle-III. Klasse II und Grundlage der Auswertungen waren die erstellten Behandlungsunterlagen. Bei 39 Patienten wurde eine bimaxilläre Umstellungsosteotomie (BIMAX), bei 28 Patienten eine Unterkieferrück- oder Vorverlagerung durchgeführt. Bei allen Patienten war das Wachstum zum Zeitpunkt der Operation alle abgeschlossen und Patienten trugen eine Multiband-Apparatur. Operationstechnik wurde im Oberkiefer die Le-Fort-I-Osteotomie und im Unterkiefer die "Bilateral Sagittal Split Ramus Osteotomy (BSSRO)", wie in Kapitel 1.5 erläutert, angewandt. Darüber hinaus wurden keine weiteren operativen Eingriffe am Mittelgesicht oder Kinn durchgeführt. Patienten mit Adipositas (Body Mass Index (BMI) > 30 kg/m²), mit einem frontal offenen Biss von mehr als 0,5 cm, nach Operationen zum Verschluss von Lippen-Kiefer-Gaumenspalten, mit kraniofazialen Syndromen oder posttraumatischen Deformationen waren aus ausgeschlossen. Zur Dokumentation wurde bei allen Patienten jeweils eine Fernröntgenseitenaufnahme (FRS), sowie eine standardisierte Fotografie des Profils jeweils vor und im Durchschnitt 6 Monate (6,1 ± 1,2 Monate) nach chirurgischem Eingriff angefertigt.

2.2 Kephalometrische Analyse mittels Fernröntgenseitenaufnahmen

Zur kephalometischen Analyse wurden prä- und postoperativ FRS-Bilder angefertigt. Die Patienten wurden so im Röntgengerät positioniert, dass die Kopfstütze angepasst werden konnte ohne den Kopf zu bewegen. Alle Röntgenbilder wurden mit zwanglos geschlossenen Lippen und bei maximaler Interkuspidation aufgenommen. Diese Justierung wurde wiederholt, wenn der Patient seine Position in der Kopfstütze veränderte. Es wurde kein weiteres Gerät zur Fixation des Kopfes benutzt. Die Distanz der Röntgenröhre zum Röntgenfilm betrug genau 160 cm. Der Kopf wurde so fixiert, dass der Abstand der Sagittalebene zum Röntgenfilm 18 cm betrug. Nachdem die Röntgenbilder auf den PC übertragen wurden, wurden sie mit dem Programm Photoshop (Adobe Photoshop, Version 7.0, Adobe Systems Inc., San Jose, CA, USA) bearbeitet. Das Konstruieren und Vermessen der Winkel in Grad orientierte sich an der

Beschreibung von Segner und Hasund (1991). Die für diese Studie relevanten Bezugspunkte und Strecken sind in den Tabellen 3 und 4 dargestellt.

Tab. 3: In dieser Studie verwendete Referenzpunkte (nach Mokrys 2009, S. 20)

Bezeichnung	Kürzel	Beschreibung				
Sellamitte S		konstruierter Mittelpunkt des größten Durchmessers der				
		knöchernen Kontur der Sella turcica				
Nasion	N	am weitesten anterior gelegener Punkt der Sutura naso-				
		frontalis in der Median-Sagittalebene				
A-Punkt	A	am weitesten dorsal gelegener Punkt der anterioren Kurvatur				
		des Oberkieferalveolarfortsatzes				
B-Punkt	В	am weitesten dorsal gelegener Punkt der apikalen Basis des				
		Unterkiefers				
Pogonion	Pg	am weitesten ventral gelegener Punkt des knöchernen Kinns				
Subnasale	Sn	Weichteilpunkt am Schnittpunkt des Nasensteges mit dem				
		Oberlippenweiß				
Sulcus labialis	Si	am weitesten dorsal gelegener Punkt in der Konkavität der				
inferior		Unterlippe				
Weichteilpogonion	Pg'	am weitesten ventral gelegener Punkt des Weichteilkinns				
Labrale superius	Ls	Oberlippenkante				
Labrale inferius	Li	Unterlippenkante				
Inzisior superior	U1	anteriorster inszisalster Punkt des oberen mittleren Inzisivus				
Inzisior inferior	L1	anteriorster inzisalster Punkt des unteren mittleren Inzisivus				

Tab. 4: In dieser Studie konstruierte Winkel und Strecken (nach Mokrys 2009, S. 22)

Bezeichnung	Beschreibung						
SNA-Winkel	bestimmt die anterior-posteriore Lage des Subspinale (A) zur						
Mittelwerte:	vorderen Schädelbasis (S-N) und damit die Einlagerung der						
82,01° ± 3,89°	Maxilla in den Gesichtsschädel, gebildet durch die						
	Referenzlinien S-N und N-A						
SNB-Winkel	bestimmt die anterior-posteriore Lage des Supramentale (B)						
Mittelwerte:	zur vorderen Schädelbasis (S-N) und damit die Einlagerung der						
$79,97^{\circ} \pm 3,69^{\circ}$	Mandibula in den Gesichtsschädel, gebildet durch die						
	Referenzlinien S-N und N-B						
NA-Pg-Winkel	Winkel zwischen den Linien N-A und A-Pg, beschreibt die						
	skelettale Gesichtskonvexität						
N'-Sn-Pg'-Winkel	bestimmt das Ausmaß der Weichteilkonvexität, gebildet durch						
(Weichteilprofilwinkel)	die Referenzlinien N'-Sn und Sn-Pg'						
Mittelwert: 161°							
Col-Sn-Ls-Winkel	Winkel zwischen der Oberlippe und der Columnella						
(Nasolabialwinkel)							
Mittelwert: 109,8 °							
Pg'-Si-Li-Winkel	Winkel, der die Einziehung des Sulcus labialis inferior						
(Unterlippenprofilwinkel)	beschreibt						
N - A	Strecke zwischen der vertikalen Referenzlinie und A						
N - B	Strecke zwischen der vertikalen Referenzlinie und B						
N - Pg	Strecke zwischen der vertikalen Referenzlinie und Pg						
Sn - A	Strecke Sn -A						
Pg' - Pg	Strecke Pg' - Pg						

Die erhobenen Werte wurden in Excel Tabellen (Microsoft Office 2007, Copyright © 2005 Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, Washington 98052-6399 USA) gespeichert und die Differenzen zwischen prä- und postoperativen Werten errechnet.

Um die Bewegung von Hart- oder Weichgewebspunkten in horizontaler und/oder vertikaler Richtung zu erfassen, wurde zusätzlich die Methodik von Legan und Burstone (1980) und Lew et al. (1990) angewandt. Hierfür wurde von der Sella-Nasion-Linie (NSL) eine horizontale Referenzlinie (RF Hor) konstruiert, die in einem Winkel von 7° gezogen wurde. Von dieser Line wurde wiederum eine im rechten Winkel und durch den Punkt Nasion (N) gehende Linie als vertikale Referenzlinie (RF Ver) konstruiert (Abb. 16 und 17).

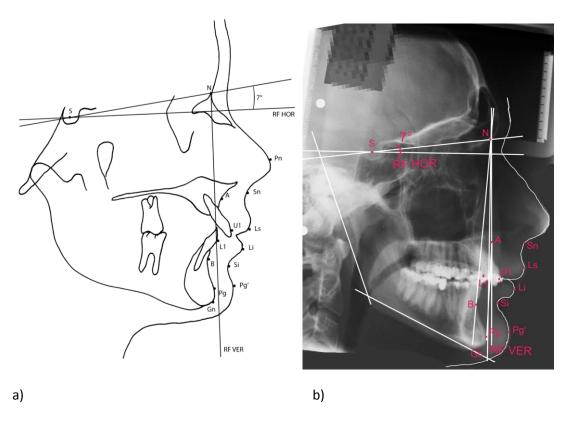


Abb. 16: a) Schematische Zeichnung der Hart- und Weichgewebspunkte im FRS mit vertikaler (RF Ver) und horizontaler Referenzlinie (RF Hor) b) FRS mit nachgezeichneter Weichgewebslinie und Hart- und Weichgewebspunkten

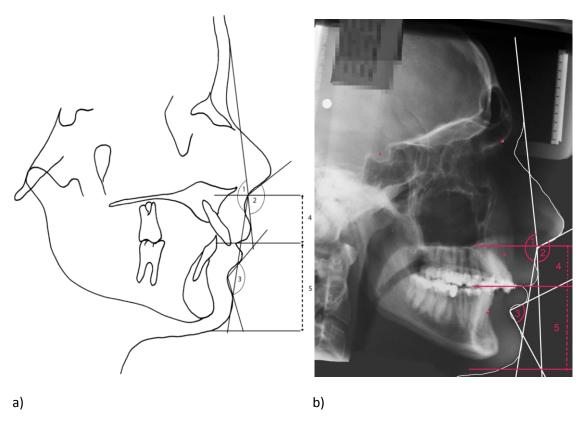


Abb. 17: a) Schematische Zeichnung der Weichgewebswinkel und -strecken im FRS

b) FRS mit eingezeichneten Weichgewebswinkeln und -strecken

1= Weichteilprofilwinkel, 2= Nasolabialwinkel, 3= Unterlippenprofilwinkel

4= Oberlippenlänge, 5= Unterlippenlänge

Die Winkel wurden in Grad (°) und die Strecken der Hart- und Weichgewebspunkte zur horizontalen und vertikalen Referenzlinie in Millimetern vermessen. Anschließend konnte mit den Werten die Differenz der prä- und postoperativen Messungen errechnet werden.

2.3 Profilanalyse mittels zweidimensionaler (2-D) Photogrammetrie

Die Patienten wurden gebeten, sich vor einem neutralen Hintergrund auf einen Stuhl zu setzen. Die Patienten wurden aufgefordert aufrecht zu sitzen mit Blick gerade aus, wobei das Gesicht entspannt, die Augen offen sowie die Lippen ohne zu lächeln geschlossen sein sollten (*Natural Head Position*, NHP). Um die Patienten in ihrer Position zu fixieren, wurde eine Nackenstütze zu Hilfe genommen. Beim Fotografieren wurde der Raum durch ein einfaches, indirektes Licht aus einer 60-Watt-Leuchtstoffröhre beleuchtet. Dadurch wurde sichergestellt, dass alle Bilder ohne Schattenbildung unter den gleichen Bedingungen aufgenommen wurden. Die Gesichter

der Patienten wurden in rechtslateraler Ansicht mit einer hochauflösenden Digitalkamera (Canon 450D; Canon Inc.; Tokyo, Japan) in einem Meter Abstand von einem Stativ aufgenommen. Alle Fotografien wurden in einer 2048 x 1536 Auflösung aufgenommen und als JPEG Dateiformat gespeichert. Die Profilkonturen wurden verstärkt und die Winkel und Strecken mit Hilfe der Werkzeuge des Programmes entsprechend der FRS-Weichgewebsanalyse ausgewertet (Abb. 18). Differenzen zwischen prä- und postoperativen Weichgewebspunkten wurden mit Hilfe von Referenzlinien bestimmt. Die horizontale Referenzlinie wurde gebildet durch die Verbindung vom tiefsten Punkt der Orbita zum obersten Punkt des äußeren Gehörgangs (Ohr-Augen-Ebene, Abb. 19). Senkrecht dazu führt die vertikale Referenzlinie durch das Weichgewebsnasion.

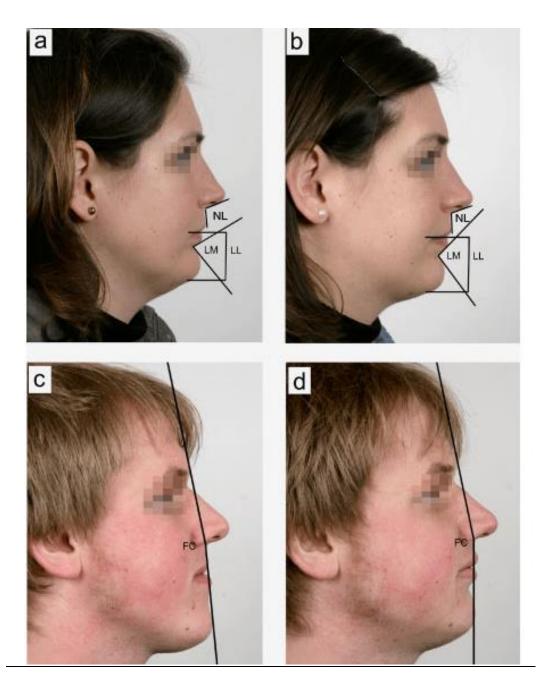


Abb. 18: Prä- und postoperative Profilaufnahmen mit Veränderung der Unterlippenlänge (LL), des Unterlippenprofilwinkels (LM) und Nasolabialwinkels (NL) bei Klasse-II-Patienten (a= präoperativ, b= postoperativ) und des Weichteilprofilwinkels (FC) bei Klasse-III-Patienten (c= präoperativ, d= postoperativ)

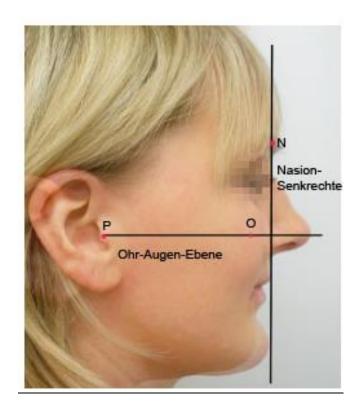


Abb. 19: Übereinander projizierte prä- und postoperative Profilaufnahmen mit horizontaler Referenzlinie Ohr-Augen-Ebene (Schopf 1994 a) und vertikaler Referenzlinie (Senkrechte durch das Weichgewebsnasion (N) auf der Ohr-Augen-Ebene)

2.4 Statistik und Berechnungen

Für die statistische Auswertung wurde das Programm SPSS V 18.0 (SPSS Inc., Chigaco, IL, USA) und die Statistik-Tools von Microsoft Office Excel (Microsoft Office 2007, Copyright © 2005 Microsoft Corporation, One Microsoft Way, Redmond, Washington 98052-6399 USA) verwendet. Mittels des Kolmogorov-Smirnov-Testes wurde das Vorliegen einer Normalverteilung geprüft. Bei den hier untersuchten Stichproben war dies der Fall. Signifikante Unterschiede zwischen einzelnen Gruppen konnten daher im Abschnitt Patientenkollektiv (Kapitel 3.1) mittels des Fisher-Tests, in den folgenden Kapiteln des Ergebnisteils mittels des t-Tests ermittelt werden. Unterschiede, für die p < 0.05 galt, wurden als signifikant, Unterschiede mit p < 0.01 als hochsignifikant eingestuft. Korrelationen wurden mit Hilfe der Pearson Korrelation berechnet und hinsichtlich ihrer Signifikanz bewertet. Das korrigierte Bestimmtheitsmaß (adjusted coefficient of determination (Adj R^2)) wurde errechnet, um die Vorhersagbarkeit von Punktbewegungen von prä- zu postoperativ einzuschätzen (Spannweite von 0 = kein linearer Zusammenhang, keine Vorhersage möglich bis 1 = perfekter linearer Zusammenhang, richtige Vorhersage zu 100% möglich).

Das Verhältnis von Weich- zu Hartgewebsbewegungen in der Horizontal- und Vertikalebene für korrespondierende Punktparameter (Kapitel 3.2.4, S. 38) wurde wie folgt errechnet:

$$S-RF_{pr\ddot{a}OP} - S-RF_{postOP} / H-RF_{pr\ddot{a}OP} - H-RF_{postOP} = Verh\ddot{a}ltnis S:H$$

S-RF_{präOP}: Abstand des kephalometrisch oder 2-D photogrammetrisch ermittelten Weichgewebspunkts S zur horizontalen oder vertikalen Referenzlinie RF präoperativ.

S-RF_{postOP}: Abstand des kephalometrisch oder 2-D photogrammetrisch ermittelten Weichgewebspunkts S zur horizontalen oder vertikalen Referenzlinie RF postoperativ.

H-RF_{präOP}: Abstand des kephalometrisch ermittelten korrespondierenden Hartgewebspunkts H zur horizontalen oder vertikalen Referenzlinie RF präoperativ.

H-RF_{postOP}: Abstand des kephalometrisch ermittelten korrespondierenden Hartgewebspunkts H zur horizontalen oder vertikalen Referenzlinie RF postoperativ.

Verhältnis S:H: Verhältnis von Weich- zu Hartgewebsbewegungen

Ein Verhältnis S:H beispielsweise von 0,93 bedeutet, dass bei einer prä- zu postoperativen Bewegung des Hartgewebspunkts H von 1 cm der korrespondierende Weichgewebspunkt S 0,93 cm folgt.

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

Vier Patientengruppen konnten nach Auslage der operativen Eingriffe unterschieden werden:

Patienten mit:

- Bimaxillärer Umstellung (BIMAX) bei Angle-Klasse II
- BIMAX bei Angle-Klasse III
- Alleinige Unterkieferumstellung (BSSRO) bei Angle-Klasse II
- BSSRO bei Angle-Klasse III.

Das Gesamtkollektiv teilte sich in die einzelnen Gruppen wie in Abb. 20 gezeigt auf.

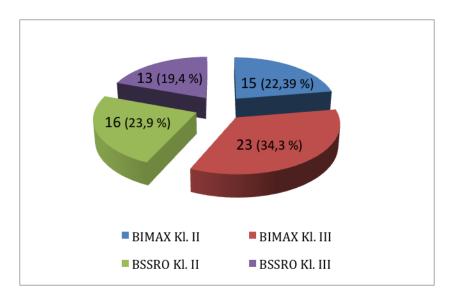


Abb. 20: Verteilung des Gesamtkollektivs auf die vier Gruppen - Anzahl n (%) der Patienten pro Gruppe

Den größten Anteil der Patienten am Gesamtkollektiv machten Patienten mit BIMAX bei einer Angle-Klasse III aus, den geringsten Anteil Patienten mit BSSRO bei einer Angle-Klasse III. In der Gruppe der BIMAX Patienten mit Angle-Klasse III waren es insgesamt 23 Patienten (mittleres Alter 29.5 ± 8.8 Jahre), davon zehn (43%) weibliche mit einem mittleren Alter von 28.5 Jahre ± 7.2 Jahre und 13 (57%) männliche Patienten (mittleres Alter 30.1 ± 10.3 Jahre). Abb. 21 zeigt schematisch die Verteilung.

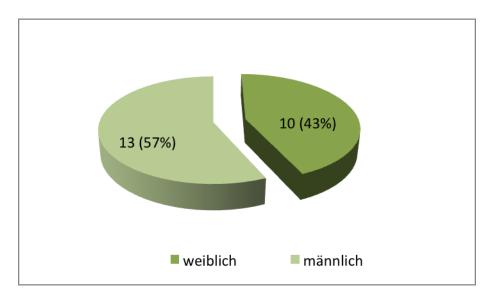


Abb. 21: Verteilung von weiblichen und männlichen Patienten in der Gruppe BIMAX bei Klasse III, Anzahl n und in Prozent (%)

Die Gruppe der Patienten mit BIMAX bei Angle-Klasse II (Abb. 22) bestand insgesamt aus 15 Patienten (mittleres Alter 34,7 \pm 11,3 Jahre), davon neun (60%) weibliche (mittleres Alter 36,2 \pm 5, 7 Jahre) und sechs (40%) männlichen Patienten (mittleres Alter 29,3 \pm 6,6 Jahre).

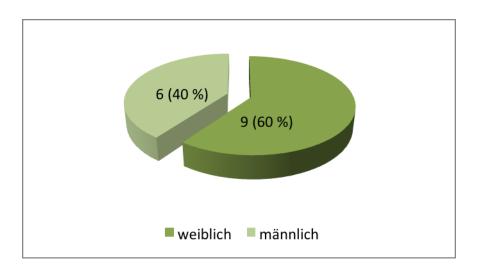


Abb. 22: Verteilung von weiblichen und männlichen Patienten in der Gruppe BIMAX bei Angle-Klasse II , Anzahl n und in Prozent (%)

Bei insgesamt 13 Patienten wurde eine BSSRO bei Angle-Klasse III durchgeführt (mittleres Alter 28.3 ± 7.2 Jahre, Abb. 23). Davon waren neun (69%) weibliche (mittleres Alter 30.8 Jahre ± 7.4 Jahre) und vier (31%) männliche Patienten (mittleres Alter 23.5 Jahre ± 2.3 Jahre).

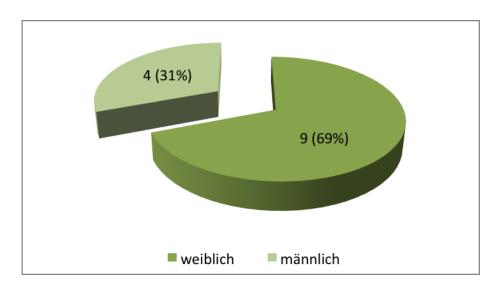


Abb. 23: Verteilung von weiblichen und männlichen Patienten in der Gruppe BSSRO bei Angle-Klasse III, Anzahl n und in Prozent (%)

Die Gruppe der Patienten mit BSSRO bei Angle-Klasse II (Abb. 24) bestand aus insgesamt 16 Patienten, deren mittleres Alter $31,1\pm7,4$ Jahre betrug. Davon waren zwölf (75%) weibliche (mittleres Alter $34\pm10,4$ Jahre) und vier (25%) männliche Patienten (mittleres Alter $23\pm3,6$ Jahre).

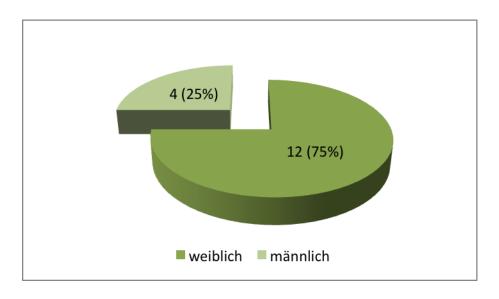


Abb. 24: Verteilung von weiblichen und männlichen Patienten in der Gruppe BSSRO bei Angle-Klasse II, Anzahl n und in Prozent (%)

Signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Patientengruppen hinsichtlich des mittleren Alters bestanden nicht. Anhand von zehn ausgewählten Messwerten, jeweils fünf ermittelt durch 2-D Photogrammetrie und FRS-Analyse, wurde untersucht, ob ein geschlechtsspezifischer Unterschied in präoperativen und postoperativen Messungen zwischen den Patientengruppen bestand. Tab. 5 zeigt, dass keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede bestanden. Das Geschlecht wurde daher in den weiteren Auswertungen nicht berücksichtigt.

<u>Tab. 5: Signifikanzen (t- Test) für Unterschiede zwischen Frauen und Männern für zehn</u> repräsentative Messwerte

	BSSRO		BSSRO		BIMAX		BIMAX	
	Klasse III		Klasse II		Klasse III		Klasse II	
P (t-Test)	präOP	postOP	präOP	postOP	präOP	postOP	präOP	postOP
SNA	0,517	0,505	0,699	0,781	0,053	0,058	0,532	0,133
SNB	0,601	0,997	0,477	0,691	0,239	0,134	0,775	0,791
Weichteilprofilwinkel (Photo)	0,599	0,856	0,221	0,561	0,907	0,818	0,727	0,171
Nasolabialwinkel (Photo)	0,452	0,913	0,203	0,186	0,885	0,478	0,282	0,944
Unterlippenprofilwinkel								
(Photo)	0,156	0,328	0,405	0,703	0,311	0,119	0,442	0,187
Oberlippenlänge (Photo)	0,906	0,827	0,851	0,506	0,732	0,596	0,333	0,291
Unterlippenlänge (Photo)	0,101	0,644	0,321	0,173	0,768	0,736	0,964	0,788
Sn - A	0,051	0,077	0,084	0,111	0,085	0,288	0,052	0,162
Pg' - Pg	0,421	0,079	0,251	0,096	0,943	0,787	0,249	0,889
Si - B	0,387	0,304	0,331	0,909	0,977	0,838	0,502	0,971

Photo: 2-D Photogrammetrisch ermittelte Unterschiede

3.2 Patienten mit bimaxillärer Umstellungsosteotomie (BIMAX)

3.2.1 Weichgewebswinkel und -strecken

Signifikante Unterschiede zwischen prä- und postchirugischen Messungen wurden in der BIMAX-Patientengruppe bei Werten des Weichteilprofilwinkels, Unterlippenprofilwinkels und der Unterlippenlänge, sowohl bei der kephalometrischen als auch bei

der 2-D photogrammetrischen Analyse gefunden (Tab. 6). Prä- zu postchirugische Veränderungen des Weichteilprofilwinkels der Angle-Klasse-III-Patienten und Änderungen der Unterlippenlänge sowie des Unterlippenprofilwinkels bei Angle-Klasse-II-Patienten erreichten sogar eine hohe Signifikanz (p < 0,01). Keine signifikanten Änderungen waren beim Nasolabialwinkel und der Oberlippenlänge festzustellen.

Tab. 6: Prä- und postoperative Messungen der Weichgewebswinkel und -strecken

		Photogr	ammetrie		Kelphal	ometrie	
		Präoperativ	Postoperativ		Präoperativ	Postoperativ	
Parameter	Kl.	Mittelwert ± SD	Mittelwert ± SD	p	Mittelwert ± SD	Mittelwert ± SD	p
Weichteil- profilwinkel (°)	II	159,1 ± 4,8	$165,9 \pm 5,1$	0,023*	159.8 ± 2.3	$163,5 \pm 3,4$	0,015*
	III	$178,8 \pm 5,9$	$172,1 \pm 6,1$	<0,001**	$178,6 \pm 5,8$	$170,8 \pm 7,3$	< 0,001**
Nasolabial-	II	$111,2 \pm 7,4$	$109,2 \pm 9,2$	0,671	$111,4 \pm 10,1$	$111,2 \pm 7,5$	0,976
winkel (°)	III	$105,4 \pm 12,4$	$104,6 \pm 13,3$	0,835	$102,1 \pm 14,2$	$103,2 \pm 14,7$	0,804
Unterlippen-	II	$119,1 \pm 11,9$	$135,9 \pm 9,8$	0,013*	$120,8 \pm 7,4$	$134,2 \pm 9,9$	0,021*
profilwinkel (°)	III	$132,8 \pm 14,6$	$121,1 \pm 15,8$	0,013*	$127,4 \pm 12,9$	$115,5 \pm 13,8$	0,004**
Unterlippen-	II	$24,7 \pm 3,1$	$30,5 \pm 3,3$	0,006**	$23,9 \pm 2,3$	$29,9 \pm 2,3$	0,007**
länge (mm)	III	$31,2 \pm 3,4$	$28,8 \pm 3,9$	0,029*	$31,6 \pm 2,9$	$28,\!4\pm2,\!7$	0,003**
Oberlippen-	II	$13,5 \pm 1,7$	$13,9 \pm 1,3$	0,621	$13,9 \pm 1,9$	$13,8 \pm 1,9$	0,533
länge (mm)	III	$12,4 \pm 1,6$	$13,1\pm1,6$	0,134	$12,5 \pm 2,1$	$13,1\pm1,8$	0,317

* signifikant für p < 0,05

** signifikant für p < 0,01

SD: Standardabweichung

3.2.2 Weichgewebspunkte

Die gemessenen prä- und postoperativen Bewegungen der Weichgewebspunkte unterschieden sich zwischen Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie nicht signifikant (Tab. 7). Bei Angle-Klasse-III-Patienten wurden kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch die größten Bewegungen in der horizontalen Ebene für Pg' und in der vertikalen Ebene für Si ermittelt. Bei Angle-Klasse-II-Patienten waren in horizontaler Richtung 2-D photogrammetrisch ermittelte Bewegungen von Si und kephalometrisch erfasste Bewegungen für Pg' am größten.

Tab. 7: Vergleich von prä- und postoperativen Bewegungen der Weichgewebspunkte in horizontaler und vertikaler Ebene durch 2-D Photogrammetrie und Kephalometrie

			2-D Photogrammetrie	Kephalometrie	
		Angle-	Bewegung (mm)	Bewegung (mm)	p
Ebene	Parameter	Klasse	$Mittelwert \pm SD$	Mittelwert \pm SD	
	Pn	II	0.9 ± 0.8	$0,6 \pm 0,5$	0,251
		III	$1,4 \pm 2,6$	$1,1 \pm 0,9$	0,761
	Sn	II	$2,1\pm0,8$	$2,2\pm0,9$	0,883
		III	$2,4 \pm 1,6$	$1,2 \pm 3,1$	0,784
_	Ls	II	$2,5\pm0,5$	$2,3 \pm 1,7$	0,831
Horizontal		III	$2,2 \pm 1,6$	$1,1 \pm 2,5$	0,874
orizo	Li	II	$2,5\pm0,8$	$2,2 \pm 1,3$	0,441
H		III	$-3,2 \pm 2,1$	$-4,8 \pm 3,1$	0,376
	Si	II	$2,7\pm0,5$	$2,3 \pm 0,8$	0,421
		III	$-5,4 \pm 2,9$	$-5,9 \pm 3,4$	0,776
	Pg'	II	$2,5 \pm 1,1$	$3,3 \pm 1,2$	0,232
		III	-6.8 ± 4.1	$-6,1 \pm 4,3$	0,769
	Pn	II	0.1 ± 0.8	0.3 ± 0.5	0,451
		III	0.6 ± 1.1	0.4 ± 0.5	0,736
	Sn	II	$0,2 \pm 0,9$	-0.2 ± 0.7	0,525
		III	0.6 ± 0.4	0.2 ± 0.4	0,688
	Ls	II	-0.5 ± 1.6	0.2 ± 0.9	0,418
ikal		III	$1,2 \pm 0,8$	$1,4 \pm 2,5$	0,807
Vertikal	Li	II	-0.6 ± 0.8	0.3 ± 1.2	0,187
r		III	$1,2 \pm 2,1$	$2,5 \pm 2,6$	0,411
	Si	II	$-1,3 \pm 1,6$	-0.2 ± 1.3	0,205
		III	$1,8 \pm 1,9$	$2,6 \pm 1,9$	0,283
	Pg'	II	$-1,2 \pm 0,8$	-0.7 ± 0.7	0,204
		III	$1,4 \pm 1,8$	$1,8 \pm 2,3$	0,199

SD: Standardabweichung

3.2.3 Korrelationen zwischen kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen Weichgewebsparametern und kephalometrischen Hartgewebsparametern

Signifikante Korrelationen zwischen Hart- und Weichgewebsveränderungen von prä- zu postoperativen Ergebnissen konnte bei der Auswertung der Strecken und Winkel im FRS (Tab. 8, S.36) nur bei Patienten der Angle-Klasse III ermittelt werden. Hoch

signifikante Korrelationen (p < 0,01) zeigten sich zwischen dem Weichteilprofilwinkel und SNB, ANB und NAPg, zwischen dem Unterlippenprofilwinkel und N-B, sowie zwischen der Unterlippenlänge und SNB, ANB und NAPg.

In der photogrammetrischen Bildanalyse traten signifikante Korrelationen (p < 0,05) bei Angle-Klasse-II-Patienten in Bezug auf den Unterlippenprofilwinkel und den FRS Hartgewebswinkeln SNB, ANB und NAPg auf. Bei Angle-Klasse-III-Patienten ließen sich signifikante Korrelationen zwischen dem Weichteilprofilwinkel und NAPg, Nasolabialwinkel und SNA und Unterlippenlänge und NAPg erkennen. Signifikante Korrelationen für Angle-Klasse II ebenso wie für Angle-Klasse-III-Patienten zeigten sich zwischen Unterlippenlänge und ANB (p < 0,05).

Korrelationen von präund postoperativen Bewegungen von Hartund Weichgewebspunkten bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten in der horizontalen und vertikalen Ebene wurden sowohl bei der 2-D photogrammetrischen Bildanalyse als auch in der kephalometrischen Bildanalyse deutlich (Tab. 9, S.37). Korrelationen (p < 0.05) konnten bei beiden Methoden zwischen Sn und A, Si und B, und Pg' und Pg in der horizontalen Ebene für Angle-Klasse-II und -III-Patienten gefunden werden. In der vertikalen Ebene bei Angle-Klasse-II-Patienten konnten signifikante Korrelationen nur in der kephalometrischen Analyse für Sn und A gezeigt werden, nur 2-D photogrammetrisch hingegen für Pg' und Pg. Bei Angle-Klasse-III-Patienten ließen sich bei der 2-D photogrammetrischen und kephalometrischen Bildanalyse jeweils signifikante Korrelationen zwischen vertikalen Veränderungen bei Sn und A, Ls und U1, sowie bei Pg' und Pg zeigen. Bestanden signifikanten Korrelationen, lag das Bestimmtheitsmaß Adj R² über dem Niveau von 0,7.

Tab. 8: Signifikanzen der Korrelationen der Hart- und Weichgewebsveränderungen von Winkeln und Strecken bei kephalometrischer und 2-D photogrammetrischer Analyse

	Parameter	Kl.	SNA	SNB	ANB	NAPg	N-A	N-B	N-Pg	ANS- Gn
	Weichteilprofil- winkel	II	0,698	0,517	0,946	0,413	0,714	0,762	0,833	0,503
		III	0,618	0,003**	<0,001**	<0,001**	0,239	0,026*	0,039*	0,340
/se	Nasolabial- winkel	II	0,642	0,461	0,915	0,407	0,741	0,683	0,981	0,611
analy		III	0,391	0,985	0,453	0,414	0,579	0,711	0,841	0,082
FRS Weichgewebsanalyse	Unterlippen- profilwinkel	II	0,841	0,404	0,799	0,647	0,833	0,684	0,855	0,602
chge	promwimer	III	0,119	0,824	0,233	0,143	0,134	0,016*	0,727	0,302
Wei	Oberlippenlänge	II	0,316	0,468	0,478	0,143	0,347	0,583	0,982	0,698
FRS		III	0,506	0,133	0,032*	0,010*	0,278	0,006**	0,021*	0,052
	Unterlippenlänge	II	0,974	0,560	0,696	0,756	0,949	0,880	0,780	0,491
		III	0,975	0,002**	<0,001**	0,003**	0,315	0,322	0,174	0,053
	Weichteilprofil- winkel	II	0,198	0,640	0,232	0,213	0,373	0,414	0,555	0,855
		III	0,119	0,715	0,053	0,036*	0,207	0,696	0,771	0,748
()	Nasolabial- winkel	II	0,832	0,129	0,252	0,323	0,462	0,175	0,316	0,475
netri		III	0,034*	0,844	0,075	0,122	0,110	0,903	0,682	0,691
ramr	Unterlippen- profilwinkel	II	0,628	0,038*	0,037*	0,030*	0,289	0,361	0,119	0,415
notog	promwimer	III	0,051	0,792	0,088	0,138	0,075	0,784	0,411	0,983
2-D- Photogrammetrie	Oberlippenlänge	II	0,519	0,088	0,883	0,851	0,473	0,141	0,407	0,326
2-]		III	0,094	0,785	0,186	0,288	0,165	0,732	0,712	0,071
	Unterlippenlänge	II	0,263	0,613	0,027*	0,139	0,220	0,947	0,959	0,369
		III	0,180	0,926	0,032*	0,047*	0,072	0,813	0,648	0,088

* signifikant für p < 0,05

** signifikant für p < 0,01

Tab. 9: Korrelationen von prä- und postoperativen Bewegungen von Hart- und Weichgewebspunkten zwischen korrespondierenden Parametern in der Horizontal- und Vertikalebene

Weichgewebe Parameter (S)	Hartgewebe Parameter (H)	Angle- Klasse	Korrelati r	on S _{ceph} ; H	Adj. R ² S _{ceph} :H	Korrelation r	on S _{photo} ; H	Adj. R ² S _{photo} :H
Horizontal								
Pn	ANS	II	0,707	0,116	0,375	0,413	0,415	0,032
		III	0,280	0,649	0,229	0,193	0,756	0,284
Sn	A	II	0,813*	0,046*	0,717	0,913*	0,011*	0,792
		III	0,888*	0,044*	0,718	0,958*	0,010*	0,891
Ls	U1	II	0,626	0,184	0,239	0,333	0,519	0,111
		III	0,541	0,375	0,020	0,272	0,658	0,235
Li	L1	Π	0,612	0,196	0,219	0,643	0,168	0,267
		III	0,115	0,854	0,316	0,589	0,296	0,130
Si	В	Π	0,875*	0,023*	0,707	0,837*	0,038*	0,725
		III	0,906*	0,034*	0,762	0,913*	0,030*	0,778
Pg'	Pg	II	0,850*	0,032*	0,752	0,898*	0,015*	0,757
		III	0,960*	0,010*	0,894	0,889*	0,044*	0,720
Vertikal								
Pn	ANS	Π	0,316	0,541	0,125	0,083	0,867	0,242
		III	0,559	0,327	0,083	0,686	0,201	0,295
Sn	A	Π	0,840*	0,036*	0,732	0,322	0,534	0,121
		III	0,889*	0,043*	0,721	0,943*	0,016*	0,821
Ls	U1	II	0,485	0,330	0,044	0,406	0,424	0,044
		III	0,876*	0,044*	0,721	0,943*	0,018*	0,701
Li	L1	II	0,663	0,152	0,299	0,307	0,554	0,132
		III	0,823	0,087	0,570	0,098	0,875	0,320
Si	В	II	0,486	0,329	0,045	0,316	0,541	0,125
		III	0,854	0,066	0,639	0,873	0,053	0,683
Pg'	Pg	II	0,231	0,659	0,183	0,830*	0,041*	0,712
* signifikant fü	p < 0.05	III	0,985*	0,010*	0,889	0,914*	0,030*	0,782

Ceph: Kephalometrisch, Photo: 2-D Photogrammetrisch, r: Pearson`s Korrelation, p: Signifikanz (t-Test), Adj. R²: Korrigiertes Bestimmtheitsmaß

3.2.4 Korrespondierende Hart- und Weichgewebsveränderungen

Die Analyse von prä- zu postoperativen Hart- und Weichgewebsbewegungen in der horizontalen und vertikalen Ebene zeigt, dass nach der Bewegung der Hartgewebe das Weichgewebe in einem bestimmten Verhältnis folgt (Tab. 10). Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen der kephalometrischen und der 2-D photogrammetrischen Analyse.

<u>Tab. 10: Verhältnis von Weich- und Hartgewebsbewegungen in der Horizontal- und Vertikalebene für korrespondierende Punktparameter</u>

Weichgewebe Parameter (S)	Hartgewebe Parameter (H)	Angle- Klasse	Verhälnis S(ceph): H	Verhältnis S(photo): H	p Verhältnis S(ceph):H; S(photo):H
Horizontal					
Pn	ANS	II	0,33	0,93	0,233
		III	0,25	0,35	0,665
Sn	A	II	1,83	1,73	0,881
		III	0,39	0,59	0,442
Ls	U1	II	1,11	1,76	0,165
		III	0,27	0,60	0,163
Li	L1	II	0,88	1,09	0,495
		III	0,03	0,56	0,179
Si	В	II	1,27	1,35	0,879
		III	1,20	1,13	0,419
Pg'	Pg	II	1,13	1,09	0,935
		III	0,98	1,15	0,401
Vertikal					
Pn	ANS	II	0,33	0,33	0,998
		III	0,40	0,60	0,749
Sn	A	II	0,06	0,03	0,964
		III	0,20	0,80	0,455
Ls	U1	II	0,25	0,35	0,861
		III	0,60	0,80	0,051
Li	L1	II	0,25	0,15	0,503
		III	0,33	0,07	0,771
Si	В	II	0,25	0,37	0,195
		III	1,37	0,83	0,308
Pg'	Pg	II	0,33	0,57	0,735
		III	1,49	0,57	0,084

Ceph: Kephalometrisch

Photo: 2-D photogrammetrisch

p: Signifikanz (t-Test)

Signifikante Unterschiede zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten für das Verhältnis der prä- zu postoperativen Bewegungen von Hart- und Weichgewebe bestanden kephalometrisch und photogrammetrisch in der horizontalen Ebene für Sn und A, Ls und U1 und kephalometrisch für die Punkte Li und L1 (Tab. 11). In der vertikalen Ebene konnten signifikante Unterschiede zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten nur kephalometrisch für Si und B und für Pg' und Pg gezeigt werden.

<u>Tab. 11: Signifikanzen zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten für Bewegungen</u> <u>von Hart- und Weichgewebspunkten</u>

Weichgewebe Variable (S)	Hartgewebe Variable (H)	P (t-Test)	
Horizontal		S(ceph): H	S(photo): H
Pn	ANS	0,767	0,293
Sn	A	0,042*	0,043*
Ls	U1	0,025*	0,024*
Li	L1	0,028*	0,122
Si	В	0,885	0,675
Pg'	Pg	0,346	0,918
Vertikal			
Pn	ANS	0,840	0,687
Sn	A	0,419	0,098
Ls	U1	0,228	0,467
Li	L1	0,996	0,797
Si	В	0,018*	0,171
Pg'	Pg	0,017*	0,127

* signifikant für p < 0,05

Ceph: Kephalometrisch

Photo: 2-D photogrammetrisch

3.3 Patienten mit alleiniger Unterkieferosteotomie (BSSRO)

3.3.1 Weichgewebswinkel und -strecken

Prä- und postoperative Messungen des Weichteilprofilwinkels bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten wiesen kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch einen signifikanten Unterschied auf (Tab. 12). Hingegen konnten nur bei Angle-Klasse-II-Patienten signifikante Unterschiede bezüglich des Unterlippenprofilwinkels ermittelt werden. Signifikante Unterschiede zwischen der Unterlippenlänge konnten weder kephalometrisch noch 2-D photogrammetrisch bei Angle-Klasse-II- oder -III-Patienten erhoben werden. Der Umfang der chirurgischen Bewegungen der Winkel und Strecken bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten ergab keinen signifikanten Unterschied.

Tab. 12: Unterschiede zwischen prä- und postoperativen Weichgewebsmessungen bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten

	Parameter	Angle-	präoperativ	postoperativ	Unterschied	t- tes	st
	rarameter	Klasse	Mittelwert ± SD	Mittelwert ± SD	Mittelwert ± SD	p^{a}	p^b
	Weichteilpro- filwinkel (°)	II	$163,6 \pm 6,3$	$167,7 \pm 6,4$	-4,1 ± 4,2	< 0,001**	
Kephalometriie	()	III	$173,9 \pm 4,8$	$169,6 \pm 6,9$	$4,3 \pm 3,5$	< 0,001**	0,818
	Unterlippen- profilwinkel (°)	II	$86,6 \pm 28,7$	$109,1 \pm 14,4$	$-22,3 \pm 22,7$	< 0,001**	
	promwinker ()	III	$129,7 \pm 11,6$	$124,1 \pm 16,7$	$5,6 \pm 13,1$	0,143	0,051
	Unterlippen-	II	$24,7\pm2,9$	$25,6 \pm 3,1$	-0.8 ± 2.6	0,201	
	länge (mm)	III	$29,2\pm2,1$	$28,7\pm2,9$	$0,1 \pm 2,1$	0,388	0,254
	Weichteilpro- filwinkel (°)	II	$166,5 \pm 6,1$	$160,5 \pm 4,9$	$5,9 \pm 7,1$	0,002**	
	mwmker ()	III	$174,8 \pm 5,6$	$163,8 \pm 5,4$	$10,5 \pm 4,5$	0,003**	0,614
netrie	Unterlippen- profilwinkel(°)	II	$102,2 \pm 19,3$	$112,1 \pm 15,8$	-10,1 ± 15,9	0,044*	
2-D Photogrammetrie	promiumiken()	III	$129,9 \pm 16,2$	$120,6 \pm 11,9$	$10,6 \pm 19,3$	0,959	0,857
hotog	Unterlippen- länge (mm)	II	$24,7\pm2,9$	$25,6 \pm 3,1$	-0.8 ± 2.6	0,201	
2-D P	iange (iiiii)	III	$29,4 \pm 2,7$	$28,9 \pm 2,3$	$1,7 \pm 8,5$	0,448	0,933

* signifikant für p < 0,05

^{**} signifikant für p < 0,01

P^a: Signifikanz bezüglich des Unterschiedes zwischen prä- und postoperativen Messungen

P^b: Signifikanz bezüglich des Unterschiedes zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten

3.3.2 Weichgewebspunkte

Signifikante Unterschiede zwischen der 2-D photogrammetrischen und präkephalometrischen Messung der zu postoperativen Bewegung Weichgewebspunkte bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten konnten weder in horizontaler noch in vertikaler Ebene ermittelt werden (Tab. 13). Der Vergleich zwischen den Bewegungen in horizontaler und vertikaler Richtung zeigt, dass die horizontalen Bewegungen der einzelnen Parameter bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten von größerem Ausmaß waren als die vertikalen.

<u>Tab. 13: Vergleich zwischen den 2-D photogrammetrisch und kephalometrisch</u> ermittelten prä- und postoperativen Bewegungen der Weichgewebspunkte

		Angle-	Photogrammetrie	Kephalometrie	t-test
Ebene	Parameter	Klasse	Bewegung (mm)	Bewegung (mm)	
	Li	II	2,1 ± 1,2	2,6 ± 1,6	0,537
		III	$-3,2 \pm 1,6$	$-4,6 \pm 1,9$	0,255
Horizontal	Si	II	2.8 ± 1.4	$4,6 \pm 1,1$	0,065
		III	$-4,4 \pm 0,8$	$-4, \pm 2,3$	0,862
щ	Pg'	II	$2,8 \pm 1,1$	$4,1 \pm 1,8$	0,258
		III	$-4,2 \pm 1,7$	-3.8 ± 2.9	0,803
	Li	II	0.2 ± 0.8	0,4 ± 1,3	0,785
		III	$1,4 \pm 1,5$	$1,8 \pm 0,8$	0,623
kal	Si	II	-0.8 ± 0.8	$-1,6 \pm 0,5$	0,117
Vertikal		III	$2,4 \pm 1,1$	$3,4 \pm 2,8$	0,491
	Pg'	II	-0.2 ± 1.6	$-1,2 \pm 2,2$	0,435
		III	$2,2 \pm 1,3$	$3,4 \pm 1,9$	0,291

3.3.3 Korrelationen zwischen kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen Weichgewebsparametern und kephalometrischen Hartgewebsparametern

Signifikante Korrelationen zwischen Weich- und Hartgewebsveränderungen für Winkel und Strecken konnten bei der kephalometrischen Analyse insbesondere bei Angle-Klasse-II-Patienten erhoben werden (Tab. 14). Hoch signifikante Korrelationen ergaben sich hier zwischen dem Unterlippenprofilwinkel und SNB, N-B und ANS-Gn. Zur Unterlippenlänge zeigte nur SNB eine signifikante Korrelation. Im Gegensatz zur Kephalometrie konnten die meisten signifikanten Korrelationen in der 2-D Photogrammetrie zwischen der Unterlippenlänge und SNB, N-B und N-Pg bei Angle-Klasse-III-Patienten und NAPg und N-Pg bei Angle-Klasse-III-Patienten erhoben werden. Allerdings konnten 2-D photogrammetrisch keine signifikanten Korrelationen zwischen dem Weichteilprofilwinkel und den Hartgewebsmessungen gefunden werden. Für die prä- und postoperative Veränderung des Unterlippenprofilwinkels konnte lediglich eine signifikante Korrelation zur Veränderung des ANB Winkels bei Angle-Klasse-III-Patienten ermittelt werden.

<u>Tab. 14: Korrelationen zwischen Weich- und Hartgewebsveränderungen für Winkel und Strecken</u>

		Angle-							
	Variable	Klasse	r	SNB 0,446	ANB 0,630	-0,060	N-B -0,277	N-Pg -0,503	ANS-Gn 0,322
	Weichteilprofilwinkel (°)	11		ŕ		,	•		
			p	0,083	0,035*	0,825	0,298	0,047*	0,224
		III	r	0,310	0,726	0,707	-0,271	-0,194	-0,378
			p	0,302	0,005**	0,007 **	0,370	0,525	0,203
.e.	Unterlippenprofilwinkel (°)	II	r	0,724	-0,719	-0,237	-0,678	-0,483	0,712
metri	cinerinppenprom winner ()		p	0,002**	0,002 **	0,377	0,004**	0,058	0,002**
Kephalometrie		III	r	-0,380	0,058	-0,120	0,422	0,499	0,653
Kep			p	0,200	0,851	0,696	0,151	0,083	0,043*
	Hatadia and in a comp	II	r	0,516	-0,352	-0,041	-0,483	-0,332	0,488
	Unterlippenlänge (mm)		p	0,041*	0,181	0,881	0,058	0,209	0,055
		III	r	0,050	0,100	-0,104	0,013	0,027	0,594
			p	0,871	0,746	0,735	0,966	0,930	0,032*
	Waishtailmasfilminkal (0)	II	r	0,112	-0,107	0,248	-0,132	-0,129	0,082
	Weichteilprofilwinkel (°)		p	0,680	0,693	0,354	0,627	0,633	0,762
		III	r	0,089	0,146	-0,299	-0,048	-0,042	0,331
etrie			p	0,773	0,633	0,321	0,877	0,891	0,269
2-D Photogrammetrie	Unterlippenprofilwinkel (°)	II	r	0,110	-0,228	-0,242	-0,166	-0,151	0,247
otogi	Onterrippenprofitwinker ()		p	0,685	0,396	0,366	0,539	0,576	0,357
) Ph		III	r	0,334	-0.558	0,521	-0,261	-0,245	-0,256
2-I			p	0,264	0,048*	0,068	0,389	0,420	0,398
	Unterlippenlänge (mm)	II	r	0,979	-0,094	0,129	0,892	0,903	-0,114
	Onterrippeniange (min)		p	0,007**	0,729	0,634	0,037*	0,033*	0,673
		III	r	-0,535	0,253	-0,651	0,490	0,577	0,132
			p	0,060	0,405	0,041*	0,089	0,039*	0,667

* signifikant für p < 0,05

** signifikant für p < 0,01

r: Pearson's Korrelation

p: Signifikanz (t-Test)

Signifikante Korrelationen zwischen Bewegungen von Weich- und Hartgewebspunkten ließen sich kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch für Patienten mit Angle-Klasse II und III in Bezug auf Pg' und Pg in horizontaler als auch in vertikaler Richtung erkennen (Tab. 15). Für die Bewegungen der Punkte Si und B konnten signifikante Korrelationen für beide Klassen in der horizontalen, für Angle-Klasse-III-Patienten auch in der vertikalen Ebene ermittelt werden.

mit Korrelationen Für Bewegungen signifikanten zwischen Hartund Weichgewebspunkten konnte ein hohes korrigiertes Bestimmtheitsmaß (adj. R²) bestimmt werden (0,766 bis 0,942). Den höchsten Wert und damit die beste Prädiktion zeigte die Bewegung der Weich- und Hartgewebspunkte von Si und B in der horizontalen Richtung bei Angle-Klasse-III-Patienten bei der Kephalometrie (adj. R²: 0,942). In vertikaler Richtung ließen die Bewegungen von Pg' und Pg das höchste korrigierte Bestimmtheitsmaß bei Angle-Klasse-III-Patienten erkennen (adj. R²: 0,921). 2-D photogrammetrisch wurden die höchsten korrigierten Bestimmtheitsmaße bei der horizontalen (adj. R²: 0,889) und vertikalen Bewegung (adj. R²: 0,893) von Pg' und Pg bei Angle-Klasse-III-Patienten erreicht.

Tab. 15: Korrelation von prä- zu postoperativen Bewegungen von Hart- und Weichgewebspunkten zwischen korrespondierenden Parametern in der Horizontal- und Vertikalebene

Weichgewebe	Hartgewebe	Angle-	S (ce	ph); H	Adj. R ²	S (pho	to); H	Adj. R2
Parameter (S)	Parameter (H)	Klasse	r	p	S (ceph):H	r	p	S (photo):H
Horizontal								
Li	L1	II	0,071	0,909	0,700	0,301	0,623	0,213
		III	0,880	0,049*	0,775	0,730	0,162	0,377
Si	В	II	0,908	0,033*	0,766	0,919	0,028*	0,792
		III	0,971	0,006**	0,942	0,802	0,042*	0,725
Pg'	Pg	II	0,951	0,013*	0,871	0,899	0,038*	0,809
		III	0,953	0,012*	0,878	0,957	0,010*	0,889
Vertikal								
Li	L1	II	0,372	0,538	0,149	0,645	0,239	0,222
		III	0,134	0,300	0,310	0,221	0,721	0,268
Si	В	II	0,802	0,103	0,524	0,408	0,495	0,111
		III	0,908	0,033*	0,767	0,881	0,048*	0,702
Pg'	Pg	II	0,892	0,042*	0,729	0,861	0,039*	0,746
		III	0,960	<mark>0,010</mark> *	0,921	0,959	0,010*	0,893

* signifikant für p < 0,05

** signifikant für p < 0,01

Ceph: Kephalometrisch

Photo: 2-D Photogrammetrisch

r: Pearson's Korrelation

p: Signifikanz (t-Test)

Adj. R²: Korrigiertes Bestimmtheitsmaß

3.3.4 Korrespondierende Hart- und Weichgewebsveränderungen

Die kephalometrischen Messungen ergaben, dass sich die korrespondierenden Weichund Hartgewebspunkte horizontal im Verhältnis von 0,65 bis 1,87 und vertikal von 0,91 bis 1,60 Verhältnis 2-D photogrammetrischen veränderten. Das von Weichgewebsbewegungen und FRS Hartgewebsbewegungen liegt entsprechenden Punkte im Bereich von 0,49 bis 1,42 in der Horizontalebene und von 0,81 bis 1,2 in der vertikalen Ebene (Tab. 16). Zwischen der kephalometrischen und der 2-D photogrammetrischen Bestimmung der Weichgewebsbewegung konnten nur für das Verhältnis der horizontalen Bewegung von Li und L1 signifikante Unterschiede (p=0,022) bei Angle-Klasse-II-Patienten gefunden werden. Für die Weich- und Hartgewebsbewegungen konnten kephalometrisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Angle-Klassen ermittelt werden. Unter Verwendung der 2-D Photogrammetrie konnten hingegen signifikante Unterschiede zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten in der horizontalen Bewegung von Si und B (p=0,032) festgestellt werden.

<u>Tab. 16: Verhältnis von Weich- und Hartgewebsbewegung in der Horizontal- und</u> Vertikalebene für korrespondierende Punktparameter

Weichgewebe Parameter (S)	Hartgewebe Parameter (H)	Angle- Klasse	Verhältnis S (ceph): H	Verhältnis S (photo): H	p ^a	t-Test	p°
Horizontal							
Li	L1	II	1,17	0,49	0,022*	0,284	0,113
		III	1,87	1,42	0,398	0,204	0,220
Si	В	II	0,96	0,51	0,075	0,933	0.022*
		III	0,98	1,25	0,509	0,933	0,032*
Pg'	Pg	II	0,65	0,63	0,873	0.005	0.422
		III	0,69	0,77	0,597	0,995	0,432
Vertikal							
Li	L1	II	1,40	0,91	0,119	0,681	0,729
		III	1,60	1,20	0,587	0,001	0,729
Si	В	II	0,91	1,02	0,929	0.607	0.054
		III	1,01	0,95	0,713	0,697	0,854
Pg'	Pg	II	1,44	0,82	0,088	0.536	0.700
		III	1,24	0,81	0,497	0,526	0,798

* signifikant für p < 0,05

S (ceph): Kephalometrisch bestimmte Weichgewebsbewegungen

S (photo): 2-D photogrammetrisch bestimmte Weichgewebsbewegungen

P^a: Signifikanz bezüglich des Unterschiedes zwischen kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch ermittelten Verhältnissen von Weich- und Hartgewebsbewegungen

P^b: Signifikanz bezüglich des Unterschiedes zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten bei kephalometrischer Erfassung der Weichgewebsbewegungen

P^c: Signifikanz bezüglich des Unterschiedes zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten bei 2-D photogrammetrischer Erfassung der Weichgewebsbewegungen

3.4 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Gesamtpatientenkollektiv:

• Keine signifikanten geschlechts- oder altersspezifischen Unterschiede.

BIMAX-Patientengruppen:

- 2-D photogrammetrisch und kephalometrisch signifikante Unterschiede prä- und postoperativ für Weichteilprofilwinkel, Unterlippenprofilwinkel und Unterlippenlänge.
- Nur bei der 2-D Photogrammetrie signifikante Korrelationen bei Angle-Klasse-II-Patienten zwischen prä- zu postoperativen Änderungen des Unterlippenprofilwinkels und Hartgewebswinkeln und -strecken. Bei Angle-Klasse-III-Patienten sowohl 2-D photogrammetrisch als auch kephalometrisch signifikante Korrelationen zu Hartgewebsparametern.
- Keine signifikanten Unterschiede zwischen 2-D Photogrammetrie und Kephalometrie für prä- zu postoperative Bewegungen der Weichgewebspunkte.
- Signifikante Korrelationen von 2-D photogrammetrisch und kephalometrisch gemessenen prä- zu postoperativen Bewegungen von Hart- und Weichgewebspunkten bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten in der horizontalen Ebene.
- Für prä- und postoperative Bewegungen der Hart- und Weichgewebspunkte in der vertikalen Ebene bei Angle-Klasse-II-Patienten signifikante Korrelationen zwischen Sn und A nur in der kephalometrischen, zwischen Pg' und Pg nur in der 2-D photogrammetrischen Analyse.
- Signifikante Unterschiede zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten für das Verhältnis von prä- zu postoperativen Bewegungen zwischen Hart- und Weichgewebe kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch.

BSSRO-Patientengruppen:

 2-D photogrammetrisch und kephalometrisch signifikante Unterschiede prä- und postoperativ nur für den Weichteilprofilwinkel. Unterschiede beim Unterlippenprofilwinkel nur bei Angle-Klasse-II-Patienten, keine Unterschiede bei der Unterlippenlänge.

- Signifikante Korrelationen kephalometrisch zwischen prä- zu postoperativen Veränderungen des Unterlippenprofilwinkels sowie der Hartgewebswinkel und -strecken bei Angle-Klasse-II-Patienten. 2-D photogrammetrisch zwischen Unterlippenlänge und den Hartgewebsparametern bei Angle-Klasse-II- und -III- Patienten.
- Keine signifikanten Unterschiede zwischen 2-D photogrammetrischen und kephalometrischen Messungen der horizontalen und vertikalen prä- zu postoperativen Bewegungen der Weichgewebspunkte.
- Signifikante Korrelationen zwischen Bewegungen von Weich- und Hartgewebspunkten kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch für Pg' und Pg sowie Si und B in horizontaler und vertikaler Richtung.
- Kephalometrisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den Angle-Klassen für die Weich- und Hartgewebsbewegungen. 2-D photogrammetrisch signifikante Unterschiede zwischen Angle-Klasse-II- und -III-Patienten in den horizontalen Bewegungen von Si und B.

4 Diskussion

4.1 Fehlerquellen

Früher wurde oftmals die Hypothese vertreten, dass wenn Zahnbögen ausgeformt werden und die Okklusion zur Standardposition der knöchernen Basen korrigiert wird, zwangsläufig optimale ästhetische Ergebnisse erzielt werden könnten (Arnett und Bergman 1993a). Doch das Weichgewebe, welches die Zähne und den Knochen umgibt, variiert erheblich, besonders in der Lippenregion. Irrtümlich können die Position der Ober- sowie der Unterlippe als Fehlstellung interpretiert werden und die eigentliche Bewertung von Gesichtsprofilen damit falsch sein. Des Weiteren besteht das Weichgewebe über der knöchernen Gesichtsstruktur aus Muskel- und Fettgewebe, diese Strukturen sind naturgemäß unterschiedlich stark ausgeprägt und sehr individuell (Hambleton 1964). Nach Koh und Chew (2004) sind es genau diese stark variablen Faktoren, wie Dicke, Tonizität, Position und Länge der überdeckenden Weichgewebe, die Messungenauigkeiten zur Folge haben und damit negativ die Vorhersagbarkeit von Operationsergebnissen beeinflussen können. Besonders bei adipösen Patienten kann die Vermessung des Weichgewebes zu Ungenauigkeiten führen, da zum Beispiel die Lippen sich überdurchschnittlich voluminös zeigen. Um diesen Fehler möglichst gering zu halten, wurden für diese Studie nur nicht adipöse Patienten (BMI < 30 kg/m², Kapitel 2.1) berücksichtigt.

Fehler können sich auch aus der Aufnahmetechnik des FRS-Bildes und des Profilbildes ergeben. Diese Fehler beziehen die Sitzposition der Patienten, die Stellung der Kondylen und der Lippen ein (Arnett und Bergman 1993a). Als Folgen können eine ungenaue Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie und damit auch eine ungenaue Bestimmung der Hart- und Weichgewebsbewegungen auftreten. Patienten dieser Studie wurden genauestens instruiert und überprüft bevor geröntgt oder fotografiert wurde. So war es möglich, diese Fehler ebenfalls gering zu halten. Doppelaufnahmen waren nicht notwendig. Weitere Faktoren, die möglicherweise Messungenauigkeiten nach sich ziehen könnten, sind Veränderung, Zerstörung und Unschärfe der maxillären Knochenkonturen nach den operativen Eingriffen (Houston et al. 1987). Diese Faktoren schienen allerdings in dieser Studie weniger problematisch zu sein. Durch das Software Programm konnten die Konturen in den wenigen entsprechenden Fällen verbessert werden, so dass die Messungenauigkeiten nicht größer als bei nicht konturverstärkten Bildern einzuschätzen waren.

Die chirurgische Präzision selbst ist nicht zuletzt von der Erfahrung des Chirurgen und seiner "Hand-Settings", zum Beispiel der Maxilla während einer BIMAX Operation, abhängig. Darüber hinaus müssen die verschiedenen Operationstechniken bei der Vorhersage des Ergebnisses des chirurgischen Eingriffs am Gesicht berücksichtigt werden. Von der Mobilisation des Oberkiefers und der Ablösung der Maxilla von der Nase bis hin zur Nahttechnik des Schleimhautverschlusses (Moss et al. 1988). Beispielsweise soll die V-Y-Verschlusstechnik im anterioren Bereich des Oberkiefers Verhältnisse von fast 0,9:1 zwischen Hart- und Weichgewebsbewegungen gewährleisten (Schendel und Williamson 1983; Carlotti et al. 1986). So können alleine durch diese Unterschiede schwierig zu kalkulierende Abweichungen zwischen Prädiktion und tatsächlichem Ergebnis entstehen. Insbesondere der Vergleich von Daten zwischen verschiedenen Zentren kann sich hierdurch schwierig gestalten.

Anhand der Daten einer Studie aus dem Klinikum Bremen-Mitte von Rustemeyer et al. (2010 b) konnte allerdings festgestellt werden, dass bei der Behandlung von Dysgnathien eine hohe kephalometrisch validierte Übereinstimmung zwischen chirurgischer Planung und tatsächlichem Operationsergebnis vorlag. Abweichungen bei Winkelmessungen lagen bei BIMAX-Patienten zwischen 1,3° und 1,6°, bei BSSRO-Patienten zwischen 1,3° und 2,2°. Daher ist auch in dieser vorliegenden Arbeit davon auszugehen, dass der Anteil an Planungsfehlern oder unvorhersehbaren Weichteilreaktionen äußerst gering war.

4.2 Geschlechtsspezifische Unterschiede bei Weichgewebs- und Hartgewebsbewegungen

Geschlechtsspezifische Unterschiede zeigten sich in dieser Studie nicht. Auch in Studien von Nkenke et al. (2008), Chew (2005) und Chen et al. (2012) haben die Datenanalysen keine relevanten Unterschiede in Bezug auf männliche und weibliche Patienten ergeben. Hingegen beschreiben Mobarak et al. (2001) einen signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschied bei der Reaktion der Weichgewebe auf die Neupositionierung von Hartgewebe. Bei weiblichen Patienten fiel die messbare Verschiebung der Weichgewebe bei gleichen Verlagerungsstrecken der Hartgewebe um 14 % für die Kinnregion und um 20 % für die Oberlippe deutlich höher aus als bei männlichen Patienten. Hu et al. (1999) konnten bei der horizontalen Verschiebung der Hart- und Weichgewebe ebenfalls einen geschlechtsspezifischen Unterschied ermitteln.

In der genannten Studie wird vorgeschlagen, unterschiedliche Algorithmen für Frauen und Männer zur Prädiktion der Operationsergebnisse zu verwenden. Die erhobenen Werte beziehen sich allerdings auf die Ergebnisse von Operationen an chinesischen Patienten. Die Schädelform der asiatischen Bevölkerung unterscheidet sich von der europäischen (kaukasischen) und der afrikanischen Knochenstruktur und ist deshalb für Vorhersagen an Patienten im westlichen Europa wenig relevant (Kater 2011).

4.3 Wertigkeit des Weichteilprofilwinkels für ein normiertes Konturenprofil

Die Voraussetzungen für eine erfolgreiche Korrektur einer Dysgnathie sind ein klar definiertes Behandlungsziel, eine exakte Planung und eine zuverlässige und stabile Operationsmethode. Nur dann ist es möglich durch eine kombiniert kieferorthopädischkieferchirurgische Therapie eine deutliche Verbesserung des Dysgnathiepatienten zu erreichen. Das ästhetische Ziel ist es, eine natürliche, "normierte" Kontur des Profils und damit ein jugendliches Erscheinungsbild zu erreichen (Nkenke 2008). Arnett und Bergman (1993 a und b) klassifizieren in ihren Studien das Gesichtsprofil mit dem Weichteilprofilwinkel von Angle-Klasse-I-Patienten als Norm (165-175°). Werte für Angle-Klasse-II-Patienten sollen darunter (< 165°), Werte für Angle-Klasse-III-Patienten darüber liegen (> 175°). Nach dieser Klassifizierung entsprechen die postoperativen Mittelwerte des Weichteilprofilwinkels dieser Studie nach BSSRO Operationen kephalometrisch sowohl für Angle-Klasse II als auch für Angle-Klasse III der Norm des Angle-Klasse I Wertes von 165-175° (Tab. 20). Auch die 2-D photogrammetrischen postoperativen Werte der BIMAX Patienten (Angle-Klasse II und III) und die kephalometrisch bestimmten Mittelwerte bei Angle-Klasse-III-Patienten aus der Gruppe der BIMAX Patienten stimmen mit der Norm überein. Abweichende Mittelwerte bestehen bei den 2-D photogrammetrisch gemessenen Werten der BSSRO-Gruppe, sowie bei dem kephalometrisch ermitteltem Ergebnis der BIMAX-Gruppe bei Angle-Klasse-II-Patienten.

Tab. 20: Postoperative Weichteilprofilwinkel bei BSSRO- und BIMAX-Patienten

	Angle- Klasse	BSSRO	BSSRO	BIMAX	BIMAX
	Kiasse	ceph	photo	ceph	photo
Weichteilprofilwinkel (°)	II	167,7 ± 6,4*	$160,5 \pm 4,9$	$163,5 \pm 3,4$	165,9 ± 5,1*
	III	169,6 ± 6,9*	$163,8 \pm 5,4$	$170,8 \pm 7,8*$	172,1 ± 6,1*

ceph: Kephalometrisch gemessen

photo: 2-D Photogrammetrisch gemessen

Die definitive Einschätzung der hier ermittelten Werte anhand dieser Normwerte von Arnett und Bergman (1993a und b) ist jedoch schwierig. Zwischen den in dieser Studie ermittelten Werten für den Weichteilprofilwinkel bestehen bei den kephalometrischen und den 2-D photogrammetrischen Messungen keine signifikanten Unterschiede. Daher erscheint es nicht plausibel, dass zum Beispiel bei BSSRO-Patienten die kephalometrische Messung des Weichteilprofilwinkels im Normbereich, die 2-D photogrammetrische Messung hingegen außerhalb dieses Bereiches liegen soll. Für die Einordnung der gemessenen Weichteilprofilwinkel reichen daher die von Arnett und Bergman (1993a und b) beschriebenen Mittelwerte alleine nicht aus und führen zu falschen Schlussfolgerungen. Unter Einbeziehung der Standardabweichungen in dieser Studie würden auch die im Mittel zu niedrigen Werte in das Normintervall für Angle-Klasse-I-Patienten fallen und somit jede der Patientengruppen einen Angle-Klasse I "normgerechten" postoperativen Weichteilprofilwinkel aufweisen. Damit erscheinen die Wertigkeiten der von Arnett und Bergman (1993a und b) angegebenen Normen für Angle-Klasse-I-Profile zumindest fraglich.

4.4 Weich- und Hartgewebsveränderungen nach bimaxillären Osteotomien (BIMAX)

4.4.1 Unterschiede zwischen Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie

Bei der Evaluation der Weich- und Hartgewebsveränderungen bestanden keine Unterschiede zwischen Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie in Bezug auf die gemessenen Parameter. Allerdings legen die Ergebnisse nahe, dass sich

^{* =} postoperativer Mittelwert liegt in der Norm für Angle-Klasse I (165-175°)

kephalometrische und 2-D- photogrammetrische Analysen bei der Vorhersage der Weichteilveränderungen bei kombiniert kieferorthopädisch-kieferchirurgisch behandelten Patienten ergänzen. Besondere Aufmerksamkeit sollten Weichgewebsbei Angle-Klasse-II-Patienten geschenkt veränderungen werden. da deren kephalometrische Auswertung - im Gegensatz zur 2-D Photogrammetrie - keine signifikanten Korrelationen zur Veränderung der Hartgewebswinkel ergab. Daher wird vor allem bei Angle-Klasse-II-Patienten die 2-D Photogrammetrie für die Prädiktion empfehlenswert. Während fast alle horizontalen Bewegungen der Weichteilpunkte von Angle-Klasse-II- und -III-Patienten (mit Ausnahme von Ls und Li) kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch mit Hartgewebspunktbewegungen korrelierten, waren signifikante Korrelationen zwischen Parametern bei vertikalen Veränderungen deutlich weniger vorhanden. In der vertikalen Ebene bei Angle-Klasse-III-Patienten bestanden signifikante Korrelationen für Sn und A und Pg' und Pg sowohl kephalometrisch als auch 2-D photogrammetrisch, bei Angle-Klasse-II-Patienten hingegen nur für Sn und A in der kephalometrischen und für Pg' und Pg nur in der 2-D photogrammetrischen Analyse. Allerdings konnten weder kephalometrisch noch 2-D photogrammetrisch für beide Angle-Klassen Korrelationen zwischen Si und B gefunden werden. Ein Grund für weniger signifikante Korrelationen in der vertikalen Ebene könnte sein, dass in dieser Studie Patienten mit massiven vertikalen Defiziten (z. B. massiv offenem Biss) ausgeschlossen wurden, um eine zu starke Heterogenität des Patientenkollektives zu vermeiden. Daher war die vertikale Verschiebung des Unterkiefers in dieser Studie bei einigen Patienten nur minimal und lag zum Teil auch unterhalb des messbaren Bereichs der kephalometrisch und 2-D photogrammetrischen Analysen. Dementsprechend haben auch Lin und Kerr (1998) festgestellt, dass dies möglicherweise zur erhöhten Schwierigkeit beiträgt, die Veränderungen in der vertikalen Dimension exakt vorherzusagen. Derzeit fehlen noch Studien zur Beurteilung der vertikalen Veränderung bei Patienten mit ausgedehnten vertikalen Diskrepanzen, die über mögliche weitere Korrelationen von vertikalen Weichgewebs- und Hartgewebsparametern Aufschluss geben könnten.

4.4.2 Verhältnis von prä- zu postoperativen Weich- und Hartgewebsbewegungen

Bisherige kephalometrische Studien zeigten bei Bewegungen der Mandibula für das Verhältnis der Veränderung zwischen Weich- und Hartgewebe des Kinns (Pg' zu Pg) ein Verhältnis zwischen 0,9 und 1 (Lines und Steinhäuser 1974; Hershey und Smith 1974; Chew et al. 2008; Altug-Atac et al. 2008). Die Ergebnisse dieser Studie stehen hierzu im Einklang. Bei Angle-Klasse-II-Patienten zeigte sich ein Verhältnis von 1,09 kephalometrisch und 1,13 2-D photogrammetrisch, für Angle-Klasse-III-Patienten entsprechend 0,98 und 1,15.

In dieser Studie konnte ein Verhältnis bezüglich der prä- und postoperativen Bewegung der Unterlippenpunkte (Li und L1) kephalometrisch von 0,88 und 2-D photogrammetrisch von 1,09 in der horizontalen Ebene bei Angle-Klasse-II-Patienten errechnet werden, bei Angle-Klasse-III-Patienten hingegen nur ein Verhältnis von 0,03 bzw. 0,56. Insbesondere das kephalometrisch bestimmte Verhältnis in der letzteren Patientengruppe liegt deutlich unter den Verhältnissen, welche von anderen Studiengruppen in der Größenordnung von 0,6 bis 1 gefunden wurden (Hershey und Smith 1974; Lines und Steinhäuser 1974). Allerdings besteht in dieser Studie kein signifikanter Unterschied zwischen den kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch ermittelten Verhältnissen. 2-D photogrammetrisch konnte hingegen die untere Grenze dieses in der Literatur beschriebenen Bereichs nahezu erreicht werden. Somit können die beschriebenen Unterschiede zwischen dem Verhältnis von prä- zu postoperativen Weichgewebs- und Hartgewebsbewegungen zwischen dieser Studie und der Literatur eher als Tendenz und nicht als signifikant gewertet werden.

In der Literatur wurde berichtet, dass das Verhältnis der Oberlippenvorverlagerung bei Oberkiefervorverlagerung von Angle-Klasse-III-Patienten zwischen 0,4 und 0,8 variiert (Dann et al. 1976; Mansour et al. 1983; Rosen 1988). Diese Spannweite wurde annähernd auch in dieser Studie für Sn und A beobachtet, wobei die untere Grenze kephalometrisch (0,39) und die obere 2-D photogrammetrisch (0,59) gemessen wurde.

4.5 Weich- und Hartgewebsveränderungen nach alleinigen Unterkieferverlagerungen (BSSRO)

4.5.1 Unterschiede zwischen Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie

Die Ergebnisse bei Patienten nach BSSRO zeigen, dass sich in Analogie zu den Ergebnissen bei Patienten nach BIMAX die diagnostische Befunderhebung der Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie ergänzen können. Prä- zu postchirurgische Veränderungen der Hartgewebswinkel und -strecken zeigten höhere Korrelationen mit kephalometrisch durchgeführten Weichgewebsmessungen profilwinkels und des Labiomentalwinkels bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten im Vergleich zur 2-D Photogrammetrie. Allerdings sollten Korrelationen zu dem Labiomentalwinkel nach Fernández-Riveiro et al. (2003) mit Vorsicht beurteilt werden, da insbesondere Messungen dieses Winkels eine sehr hohe Variabilität aufweisen. Auch in dieser Studie lagen für die Messung des Labiomentalwinkels die höchsten Standardabweichungen vor. Die 2-D Photogrammetrie hingegen ergab bei Angle-Klasse-II und -III-Patienten höhere Korrelationen zwischen Unterlippenlänge und Hartgewebswinkeln im Vergleich zur Kephalometrie. Der Korrelationskoeffizient (r) für die Korrelation zwischen SNB und Unterlippenlänge betrug r = 0,979 für Klasse II und r = -0,535 für Angle-Klasse-III-Patienten, entsprechend für die Kephalometrie für Angle-Klasse-II-Patienten r = 0.516 und r = 0.050 für Angle-Klasse-III-Patienten. Marşan et al. (2009) berichteten über eine Korrelation der Unterlippenlänge und SNB für kephalometrisch analysierte Aufnahmen von Angle-Klasse-III-Patienten von r = -0,56. Diese Korrelation ist damit praktisch identisch mit der in dieser Studie auf 2-D Photogrammetrie basierenden Korrelation.

4.5.2 Verhältnis von prä- zu postoperativen Weich- und Hartgewebsbewegungen

Signifikante Korrelationen zwischen der Veränderung der Unterlippenlänge und der Hartgewebswinkel führen nicht notwendigerweise zu signifikanten Korrelationen zwischen den entsprechenden Hart- und Weichgewebspunkten. Zum Beispiel führte die Messung der prä- zu postoperativen Bewegung von Li und L1 in der 2-D Photogrammetrie zu keinen signifikanten Korrelationen. Die am besten vorhersehbare Antwort der Weichgewebe in Bezug auf die Positionsveränderung der Hartgewebe bestand für die Punkte B und Pg. Das Verhältnis von kephalometrisch und 2-D

photogrammetrisch bestimmten Bewegungen der korrespondierenden Weich- und Hartgewebsparameter von Si und B und Pg' und Pg stimmen größtenteils mit kephalometrisch gemessenen Werten der horizontalen Bewegung in der Literatur überein. Als Beispiel wurden für Angle-Klasse-III-Patienten Werte aus der Literatur und dieser Studie in Tab. 21 zusammengefasst und gegenübergestellt.

Tab. 21: Vergleich der Verhältnisse von korrespondierenden Weich- und Hartgewebspunktbewegungen in der horizontalen Ebene bei Angle-Klasse-III-Patienten in der Literatur und in dieser Studie

	Si zu B	Pg' zu Pg
Robinson et al. (1971)	1	
Fanibunda (1989)	1,07	
Lew et al. (1990)	0,89	0,95
Gjørup and Athanasiou (1991)	1,03	
Ingervall et al. (1995)	1,06	1,07
Hu et al. (1999)	0,90 (Männer) 0,92 (Frauen)	0,94 (Männer) 1,06 (Frauen)
Marşan et al. (2009)	0,59	0,51
Diese Studie (2013)	0,98 1,25 ^a	0,69 0,77 ^a

Alle Angaben basieren auf Unterkieferrückverlagerungen und kephalometrischen Messungen. Außer: ^a bezieht sich auf 2-D Photogrammetrie

Das von Marşan et al. (2009) berichtete Verhältniss von korrespondierenden Weichund Hartgewebspunktbewegungen von prä- zu postoperativ in der horizontalen Ebene ist sowohl für Si zu B als auch für Pg' zu Pg niedriger als die Ergebnisse dieser und anderer Studien. Andererseits erscheint das 2-D photogrammetrisch erhobene Verhältnis von Si zu B in dieser Studie von 1,25:1 vergleichsweise hoch. Allerdings unterscheidet sich dieses Verhältnis nicht signifikant von dem kephalometrisch ermittelten Verhältnis für horizontale Bewegungen (0,98:1; p= 0,509), so dass sich dieser offensichtlich hohe Wert wieder relativiert. Auch bei Bewegungen in vertikaler Richtung zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen Si und Pg' und den jeweiligen Hartgewebsparametern. Zwar waren die Werte für das Verhältnis der vertikalen Bewegung von Pg' zu Pg kephalometrisch höher als für die 2-D Photogrammetrie, dieser Unterschied war aber statistisch nicht signifikant (p=0,526). In Übereinstimmung mit dem Verhältnis bei der horizontalen Bewegung erreichte das Verhältnis der Bewegungen in vertikaler Richtung von Si zu B nahezu ein Verhältnis von 1:1, sowohl kephalometrisch als auch 2-D photogrammetrisch für Angle-Klasse-II- und -III-Patienten. Andere Studien berichten ebenfalls über vertikale Bewegungen, geben allerdings kein genaues Verhältnis von Weichgewebs- zu Hartgewebsbewegungen an (Okudaira et al. 2008). Lin und Kerr (1998) zeigten, dass die vertikalen Korrelationen zwischen Weich- und Hartgewebsbewegungen nicht so stark sind, wie die für die horizontalen Bewegungen. Die vorliegende Studie bestätigt diese Beobachtung. Signifikante Korrelationen für die Bewegungen von Si und B bei Angle-Klasse-II-Patienten und von Li und L1 bei Angle-Klasse-III-Patienten konnten sowohl kephalometrisch als auch 2-D photogrammetrisch ausschließlich bei horizontalen Bewegungen gefunden werden. Ein Grund für geringere Korrelationen der vertikalen Parameter wurde bereits bei der vertikalen Bewegung der Parameter bei den BIMAX-Patienten beschrieben. Die vertikalen Unterkieferverlagerungen waren auch in der Gruppe der BSSRO-Patienten minimal und deshalb häufig außerhalb der Möglichkeiten der kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen Analysen.

4.6 Wertigkeit der Kephalometrie und der 2-D Photogrammetrie in Abhängigkeit von der Umstellungsosteotomie und der Angle-Klassen

Kephalometrie der Weichgewebe ist nach wie vor das grundlegende Verfahren, um Daten zu erheben und Weichgewebsveränderungen vorherzusagen. In den Gruppen der BIMAX-Patienten wurden mehr signifikante Korrelationen zwischen Veränderungen der Weichund Hartgewebswinkel kephalometrisch ermittelt als 2-D photogrammetrisch. Dieses Ergebnis könnte möglicherweise entstanden sein, weil Weich- und Hartgewebsmessungen am gleichen Röntgenbild durchgeführt wurden. Auf der anderen Seite traten hierbei nur Korrelationen für Angle-Klasse-III-Patienten auf, während Korrelationen für Angle-Klasse-II-Patienten auch mittels der 2-D Photogrammetrie erzielt werden konnten. Daher ist zu empfehlen zumindest bei diesen Fällen zusätzlich zur Kephalometrie eine 2-D photogrammetrische Analyse durchzuführen, um die Bewegungen von Weich- und Hartgewebe und deren Veränderung korrekt bewerten zu können. Im Vergleich zeigen die Ergebnisse dieser Studie bezüglich der BSSRO-Patientengruppen, dass die initiale Angle-Klasse eine wichtige Rolle für die Korrelationen der Winkelveränderungen zwischen Weich- und Hartgewebe spielt, aber eine viel geringere Bedeutung in Bezug auf die Verhältnisse der Weich- und Hartgewebspunktbewegungen hat und damit auf die Vorhersehbarkeit der Weichgewebsbewegungen. In dieser Studie hat das Verhältnis der kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch erfassten Bewegungen zwischen Pg' und Pg bei Angle-Klasse-II- und -III-Patienten keinen signifikanten Unterschied und sowohl in der horizontalen als auch in der vertikalen Ebene ein hohes korrigiertes Bestimmtheitsmaß gezeigt. Einzige Ausnahme war das Verhältnis der Bewegung von Li und L1, hier gab es einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Methoden. Insgesamt deuten diese Ergebnisse jedoch auf eine hohe Zuverlässigkeit der kephalometrisch und 2-D photogrammetrischen ermittelten Messungen hin.

direkter Vergleich der kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch korrespondierenden Weich- zu Hartgewebsgewebsbewegungen des Unterkiefers zwischen den BIMAX- und BSSRO-Patientengruppen ist allerdings nur eingeschränkt möglich. Obwohl bei beiden Verfahren eine Unterkieferverlagerung durchgeführt wurde, sind doch die jeweiligen Indikationen, welche zu dem entsprechenden Verfahren einer alleinigen BSSRO oder einer BIMAX geführt haben und damit auch die Patientengruppen an sich, zu verschieden. Zum Beispiel wurden Patienten mit einem dolichofazialen Gesichtsprofil, das heißt mit einer Oberkieferhypoplasie und Retrognathie und mit einem vertikalen Wachstumstyp des Unterkiefers in dieser Studie ausschließlich bimaxillär operiert. Unklar bleibt bisher auch der Einfluss einer Oberkieferbewegung auf das Weichteilprofil des Unterkiefers und auf die Bewegungen von korrespondierenden Unterkieferweich- und hartgewebspunkten. Auch in der Literatur ist ein solcher Vergleich zwischen BSSRO- und BIMAX-Patientengruppen bisher nicht erwähnt worden. In dieser Studie konnten allerdings keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen Patientengruppen bezüglich der Weichgewebsparameter des Untergesichtes erhoben werden. Dennoch besteht sowohl kephalometrisch als auch 2-D photogrammetrisch die Tendenz, dass bei BIMAX-Patienten die Verhältnisse der Bewegungen von Weich- und Hartgewebe in der horizontalen Ebene von Si zu B und von Pg' zu Pg größer sind als bei BSSRO-Patienten, während diese Verhältnisse bei vertikalen Bewegungen bei BSSRO-Patienten größer erscheinen.

4.7 Stellenwert von Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie gegenüber 3-D Analyseverfahren

Computergestützte 3-D Verfahren werden immer häufiger benutzt um Veränderungen im Gesicht zu evaluieren. Frühere Studien haben darauf hingewiesen, dass Messungen, die mittels neustem technologischen Equipment erhalten werden, zuverlässiger sein sollen als die herkömmlichen Methoden (Nagasaka et al. 2003; Mommaerts und Moerenhout 2008). Beim 3-D Analyseverfahren lassen sich Unterschiede und Asymmetrien der Gesichtshälften erkennen, auch Messungen in cm³ sind möglich. In der Studie von Nkenke et al. (2008) wurden nach Le-Fort-I-Osteotomie aufgrund einer maxillären Retrognathie (Angle-Klasse III) sichtbare Volumenänderungen der Mittelgesichtsregion mittels dreidimensionaler Daten ermittelt. Mit Hilfe der prä- und postoperativen 3-D Oberflächenscans des Gesichts wurde bestimmt, welcher Teil des Gesichts sich bei einer Oberkiefer Vorverlagerung verändert. Die Datenauswertung ergab, dass sich die Bereiche im Mittelgesicht deutlicher verändern als die Oberlippe. Änderungen zwischen rechter und linker Gesichtshälfte waren minimal. Zu der Studie von Nkenke et al. (2008) sind die entsprechenden Werte der prä- und postoperativen Bewegungen der Weichgewebspunkte Sn und Ls mit den Werten dieser Arbeit durchaus vergleichbar (Tab. 22). Dies spricht damit ebenfalls für die Validität der Ergebnisse dieser Arbeit.

<u>Tab. 22: Vergleich der prä- und postoperativen Bewegungen von Weichgewebspunkten</u> <u>zwischen 2-D Photogrammetrie, Kephalometrie und 3-D Scan</u>

Weichgewebs- punkte	Angle- Klasse	photo	ceph	3-D Scan (Nkenke et al. 2008)
Sn (mm)	III	2.1 ± 0.8 2.4 ± 1.6	$2,2 \pm 0,9$ $1,2 \pm 3,1$	2,3 ± 2,4
Ls (mm)	II III	2,5 ± 0,5 2,2 ± 1,6	$2,3 \pm 1,7$ $1,1 \pm 2,5$	$3,7 \pm 3,9$

photo: 2-D photogrammetrisch bestimmte Werte

ceph: kephalometrisch bestimmt Werte

Somit stellt sich die Frage, in welchen Fällen die komplexeren 3-D Verfahren für die Vorhersage des operativen Ergebnisses bei Umstellungsosteotomien einzusetzen sind. Bisher wurden verschiedene 3-D Techniken in der Literatur in diesem Zusammenhang beschrieben: Computertomographie (McCance et al. 1997), Videoaufnahmen (Nanda et al. 1996), Lasermessungen (Moss et al. 1994), Morphanalysen (Rabey 1971), 3-D Sonografie (Hell 1995) und 3-D Messbildverfahren (Plooij et al. 2009; Deli et al. 2010). diese anspruchsvollen und teuren Techniken zur Prädiktion des postchirurgischen Ergebnisses geeigneter als 2-D Aufnahmetechniken sein sollen, bleibt doch der Nutzen und die Notwendigkeit für die routinemäßig durchgeführte chirurgische Kieferorthopädie zweifelhaft. Dem gegenüber stehen die zweidimensionale Kephalometrie und die 2-D Photogrammmetrie als häufig verwendete und kostengünstigere Verfahren zur Profilanalyse mit in den meisten Fällen validen Messergebnissen. Natürlich gehen bei der Projektion eines dreidimensionalen Gesichts auf ein zweidimensionales Bild Informationen verloren (Nkenke et al. 2008). 3-D Analyseverfahren sind daher indiziert, wenn diese Informationen für die Behandlung wesentlich sein können. Das trifft insbesondere zu, wenn Asymmetrien vorliegen, z.B. bei Patienten nach Lippen-, Kiefer,- Gaumenspalten, mit kraniofazialen Syndromen oder posttraumatischen Veränderungen. Genau dieses Kollektiv, dessen Behandlung das Spektrum einer routinemäßigen Planung und Umstellungsosteotomie übersteigt, wurde deshalb aus dieser Studie ausgeschlossen (Kapitel 2.1, S.20). Letztendlich werden erst zukünftige, vergleichende Studien zeigen können, welche besonderen Fälle am besten für 3-D Analyseverfahren geeignet sind.

4.8 Ausblick und klinische Relevanz der eigenen Ergebnisse

Die Führung des Patienten während der Planungsphase der Umstellungsosteotomie hat einen hohen Stellenwert hinsichtlich des chirurgischen Erfolges, der Patientenzufriedenheit und der Lebensqualität des Patienten (Rustemeyer et al. 2010 a; Kolokitha und Chatzistavrou 2012; Wittwer et. al 2012). Die Führung des Patienten beinhaltet auch, diesen über die zu erwartenden Veränderungen seines Gesichtsprofils zu informieren. Anhand der Röntgenbilder und der 2-D Photogrammetrie kann dem Patienten z.B. mit Bildverarbeitungsprogrammen in der präoperativen Phase "plastisch" erklärt und gezeigt werden, wie das postoperative Ergebnis aussehen kann. Die in dieser Studie verwendeten Analysemethoden liefern valide Ergebnisse und geben dem

Behandler genau die Informationen, die für die Prädiktion des postoperativen Ergebnisses benötigt werden. Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie werden bei der routinemäßigen Behandlung von Dysgnathien weiter die Standardmethoden bleiben. 3-D Verfahren werden speziellen Fällen und Fragestellungen vorbehalten sein. Die entscheidenden Vorteile der Kephalometrie und der 2-D Photogrammetrie sind, dass sie jederzeit verfügbar und kostengünstig anzufertigen sind und im Zeitalter der Digitalisierung eine hohe Präzision liefern. Die Unterschiede zwischen diesen Methoden sind punktuell, dennoch können sie sich gegenseitig bei der Vorhersage der Veränderungen des Gesichtsprofils ergänzen. Ein prognostisches Verfahren, das mit Genauigkeit von Hundertprozent das postoperative Ergebnis Umstellungsosteotomie widergibt, wird in absehbarer Zeit nicht existieren. Die Limitation besteht in biologischen Faktoren und der Möglichkeit eines Rezidivs (Kolokitha und Chatzistavrou 2012). Die hier beschriebenen Methoden der Kephalometrie und der 2-D Photogrammetrie dienen dazu, trotz dieser Hürden eine möglichst genaue Prädiktion abgeben zu können, die eine Orientierung für den Patienten darstellt und dem Behandler eine auf Fakten basierende Behandlungsweise gewährt, um zu einem funktionell und ästhetisch harmonischen Ergebnis zu gelangen.

5 Zusammenfassung

Bei Kieferfehlstellungen der Angle-Klassen II und III ist das Ziel der Therapie nicht nur die Korrektur der dentalen und basalen Fehlstellungen an sich, sondern auch das Erlangen einer ansprechenden Ästhetik mit Verbesserung des Gesichtsprofils. Für diesen Aspekt ist es von großer Bedeutung, die Veränderung der Weichgewebe, die sich aus der Bewegung der Hartgewebe ergibt, präzise vorauszusagen. Ziel dieser Studie war es, anhand von kephalometrischen und 2-D photogrammetrischen Profilanalysen die Korrelationen zwischen Weich- und Hartgewebsbewegungen zu ermitteln und beide Methoden zu vergleichen.

Vier Patientengruppen wurden kephalometrisch (Hart- und Weichgewebsanalyse) und 2-D photogrammetrisch (Weichgewebsanalyse) prä- und postoperativ untersucht: Patienten mit bimaxillärer Umstellungsosteotomie (BIMAX) bei Angle-Klasse II (n = 15), BIMAX bei Angle-Klasse III (n = 23), Patienten mit alleiniger Umstellungsosteotomie (BSSRO) bei Angle-Klasse II (n = 16) und Patienten mit BSSRO bei Angle-Klasse III (n = 13).

Sowohl 2-D photogrammetrisch als auch kephalometrisch zeigten sich prä- und postoperativ signifikante Unterschiede (p < 0,05) in den BIMAX-Patientengruppen für Weichteilprofilwinkel, Unterlippenprofilwinkel und Unterlippenlänge. Signifikante Korrelationen zwischen Veränderungen von Weich- und Hartgewebswinkeln traten kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch für BIMAX-Angle-Klasse-III-Patienten auf. Allerdings konnten nur durch die 2-D Photogrammetrie signifikante Korrelationen bei BIMAX-Angle-Klasse-II-Patienten ermittelt werden. Bei der Analyse der horizontalen Bewegung von Weich- und Hartgewebspunkten zeigten sich signifikante Korrelationen bei beiden Messverfahren für die korrespondierenden Punkte Sn und A, Si und B sowie Pg' und Pg. Bei der vertikalen Bewegung fanden sich signifikante Korrelationen kephalometrisch zwischen Sn und A und 2-D photogrammetrisch für Pg' und Pg.

In den BSSRO-Patientengruppen konnten kephalometrisch und 2-D photogrammetrisch hoch signifikante Unterschiede zwischen präund postoperativen Weichteilprofilwinkeln (p < 0.001; p = 0.003) ermittelt werden. Signifikante Unterschiede zwischen prä- und postoperativen Unterlippenprofilwinkeln bestanden allerdings nur bei BSSRO-Angle- Klasse-II-Patienten (p <0,001; p = 0,044). Nur bei der 2-D Photogrammetrie konnten signifikante Korrelationen zwischen der Weichgewebsstrecke Unterlippenlänge und Hartgewebswinkel- und strecken sowohl bei BSSRO-Angle-Klasse-III- als auch bei BSSRO-Angle-Klasse-III-Patienten gefunden werden. Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie zeigten für beide BSSRO-Angle-Klassen horizontal und vertikal signifikante Korrelationen zwischen prä- und postoperativen Bewegungen der korrespondierenden Weich- und Hartgewebspunkte Pg' und Pg sowie Si und B.

Beide Methoden, Kephalometrie und 2-D Photogrammetrie, sind nach wie vor verlässliche Methoden. Sie haben darüber hinaus das Potenzial sich zu ergänzen. Damit können bei der Planung von Umstellungsosteotomie valide Daten für die Erstellung einer Prädiktion geliefert werden.

6 Literaturverzeichnis

- Altug-Atac AT, Bolatog H, Memikog UT (2008): Facial soft tissue profile following bimaxillary orthognathic surgery. Angle Orthod 78, 50-57
- Angle EH: Die Okklusionsanomalien der Zähne. Meusser, Berlin 1913
- Arnett GW, Bergman RT (1993 a): Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part I. Am J Orthod Dentofacial Orthop <u>103</u>, (4) 299-312
- Arnett GW, Bergman RT (1993 b): Facial keys to orthodontic diagnosis and treatment planning. Part II. Am J Orthod Dentofacial Orthop <u>103</u>, (5) 395-411
- Bell WH, Fonseca RJ, Kenneky JW, Levy BM (1975): Bone healing and revascularization after total maxillary osteotomy. J Oral Surg 33, 253-260
- Caldwell JB, Letterman GS (1954): Vertical osteotomy in the mandibular rami for correction of prognathism. J Oral Surg <u>12</u>, 185-202
- Carlotti AE, Aschaffenburg PH, Schendel SA (1986): Facial changes associated with surgical advancement of the lip and maxilla. J Oral Maxillofac Surg <u>44</u>, 593–596
- Chen CM, Lai S, Lee HE, Chen KK, Hsu KJ (2012): Soft-tissue profile changes after orthognathic surgery of mandibular prognathism. Kaohsiung J Med Sci 28, (4) 216-219

- Chew MT (2005): Soft and hard tissue changes after bimaxillary surgery in Chinese Class III patients. Angle Orthod <u>75</u>, 959-963
- Chew MT, Sandham A, Wong HB (2008): Evaluation of the linearity of soft- to hard-tissue movement after orthognathic surgery. Am J Orthod dentofacial Orthop 134, (5) 665-670
- Chou JI, Fong HJ, Kung SH, Gi LY, Hwang FY, Lai YC, Chang RC, Kao SY. A (2005): Retrospective analysis of the stability and relapse of soft and hard tissue change after bilateral sagittal split osteotomy for mandibular setback of 64 Taiwanese patients. J Oral Maxillofac Surg <u>63</u>, 355-361
- Dalpont G (1961): Retromolar osteotomy for correction of prognathism. J Oral Surg

 Aneth Hosp Dent Serv 19, 42-7
- Dann JJ III, Phonics RJ, Bell WH (1976): Soft tissue changes associated with total maxillary advancement: a preliminary study. J Oral Surg <u>34</u>, 19–23
- Deli R, Di Gioia E, Galantucci LM, Percoco G (2010): Automated landmark extraction for orthodontic measurement of faces using the 3-camera photogrammetry methodology. J Craniofac Surg <u>21</u>, 87-93

- Diedrich P: Praxis der Zahnheilkunde: Kieferorthopädie I Orofaziale Entwicklung und Diagnostik Bd. 11/1. Urban und Fischer Verlag, München , Jena 2000 a, S. 110-111
- Diedrich P: Praxis der Zahnheilkunde: Kieferorthopädie II Therapie Bd. 11/2. Urban und Fischer Verlag, München, Jena 2000 b
- Dunlevy HA, White RP, Proffit WR, Turvey TA (1987): Professional and lay judgement of facial esthetic changes following orthognathic surgery. Int J Adult Orthod Orthognath Surg <u>2</u>, 151–158
- Enacar A, Taner T, Toroglu S (1999): Analysis of soft tissue profile changes associated with mandibular setback and double-jaw surgeries. Int J Adult Orthod Orthognath Surg 14, 27-35
- Epker BN (1977): Modifications in the sagittal osteotomy of the mandible. J Oral Maxillofac Surg <u>35</u>, 157-159
- Fanibunda KB (1989): Changes in the facial profile following correction for mandibular prognathism. Br J Oral Maxillofac Surg <u>27</u>, 277-286
- Fernández-Riveiro P, Smyth-Chamosa E, Suárez-Quintanilla A, Suárez-Cunqueiro (2003): Angular photogrammetric analysis of the soft tissue facial profile. Eur J Orthod 25, (4) 393-399

- Gallo WJ, Moss M, Gaul JV, Shjapiro D (1976): Modification of the sagittal ramus split osteotomy for retrognathia. J Oral Maxillofac Surg <u>34</u>, 178-179
- Garrett J, Williams P, Cook A, Thom R, Isaacson KG, Köhn M: Festsitzende kieferorthopädische Apparaturen. Thieme Verlag Stuttgart 2000
- Gjørup H, Athanasiou AE (1991): Soft tissue and dentoskeletal profile changes associated with mandibular setback osteotomy. Am J Orthod Dentofacial Orthop 100, 312-323
- Gotte P (1966): Sulla terapia chirurgica del progenismo. Esperienze e risultati ottenuti mediante una modificazione del metodo intraorale di Obwegeser.

 Min Somat 15, 12
- Greulich WW, Pyle SI: Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, Stanford University Press Stanford 1950. 2nd ed 1959
- Hambleton RS (1964): The soft tissue covering oft the skeletal face as related to orthodontic problems. Am J Orthod <u>50</u>, 405-420
- Harzer W: Lehrbuch der Kieferorthopädie, Carl Hanser Verlag München, Wien 1999
- Hell B (1995): 3D sonography. Int J Oral Maxillofac Surg 24, 84-89
- Hershey HG, Smith LH (1974): Soft-tissue profile change associated with surgical correction of the prognathic mandible. Am J Orthod 65, 483–502

- Hönig JF: Maxillomandibuläre Umstellungsosteotomien, Steinkopf Verlag Darmstadt 2002
- Horch HH: Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Urban und Schwarzenberg Verlag,
 München 2007
- Houston WJB, Jones E, James DR (1987): A method of recording change in maxillary position following orthograthic surgery. Eur J Orthod <u>9</u>, 9–14
- Hu J, Wang D, Luo S, Chen Y (1999): Differences in soft tissue profile changes following mandibular setback in Chinese men and women. J Oral Maxillofac Surg 57, 1182-1186
- Hullihen SP (1849): Case of elongation of the unter jaw and distortion of the face and neck, caused by a burn, successfully treated. Am J Dent Sci <u>9</u>, 157-165
- Hunsuck EE (1968): A modified intraoral sagittal splitting technique for correction of mandibular prognathism. J Oral Surg <u>26</u>, 250-254
- Hupfauf L, Nolden R: Ästhetik in der Zahn-, Mund-, Kieferheilkunde, Urban und Schwarzenberg Verlag, München, Wien, Baltimore 1995, S.101
- Ingervall B, Thuer U, Vuillemin T (1995): Stability and effect on the soft tissue profile of mandibular setback with sagittal split osteotomy and rigid internal fixation.

 Int J Adult Orthod Ortognath Surg 10, 15-25

Kahl-Nieke B: Einführung in die Kieferorthopädie. Urban und Fischer Verlag, München 2001

Kater W: www.dysgnathie.de. Bad Homburg 2011

Knak S: Praxisleitfaden Kieferorthopädie, Urban und Fischer Verlag, München 2004

Koh CH, Chew MT (2004): Predictability of soft tissue profile changes following bimaxillary surgery in skeleta1 Class III Chinese patients. J Oral Maxillofac Surg 62, 1505-1509

Kolokitha OE, Chatzistavrou E (2012): Factors Influencing the Accuracy of Cephalometric Prediction of Soft Tissue Profile Changes Following Orthognatic Surgery. J Oral Maxillofac Surg 11, 82-90

Le Fort R (1901): Etude experimentale sur les fractures de la machoire superiore. Rev Chir 23, 208-227, 360-379, 479-507

Legan HL, Burstone Cl (1980): Soft tissue cephalometric analysis for orthognathic surgery. J Oral Surg 38, 744-751

Lew KK, Low FC, Yeo JF, Loh HS (1990): Evaluation of soft tissue profile following intraoral ramus osteotomy in Chinese adults with mandibular prognathism. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg <u>5</u>, 189-197

- Lin SS, Kerr WJ (1998): Soft and hard tissue changes in Class III patients treated by bimaxillary surgery. Eur J Orthod <u>20</u>, 25-33
- Lines PA, Steinhäuser WW (1974): Soft tissue changes in relationship to movement of hard structures in orthognathic surgery: a preliminary report. J Oral Surg 32, 891–896
- Mansour S, Burstone C, Legan H (1983): An evaluation of soft-tissue changes resulting from Le Fort I maxillary surgery. Am J Orthod <u>84</u>, 37–47
- Marşan G, Oztaş E, Kuvat SV, Cura N, Emekli U (2009): Changes in soft tissue profile after mandibular setback surgery in Class III subjects. Int J Oral Maxillofac Surg 38, 236-240
- McCance AM, Moss JP, Fright WR, Linney AD (1997): Three-dimensional analysis technique-Part 3: Color-coded system for three-dimensional measurement of bone and ratio of soft tissue to bone: the analysis. Cleft Palate Craniofac J 34, 52-57
- Miloro M: Peterson's Principles of Oral and Macillofacial Surgery II, BC Decker Inc, Hamilton 2004, S. 1135-1202
- Mobarak KA, Krongstad O, Espeland L, Lyberg T (2001): Factors influencing the predictability of soft tissue profile changes following mandibular setback surgery. Angle Orthod 71, 216-227

- Mokrys K: Weichteilveränderungen bei funktionskieferorthopädischer Behandlung mit Doppelvorschubplatten Eine Longitudinalstudie. Med. Diss. Saarland 2009
- Mommaerts MY, Moerenhout BA (2008): Reliability of clinical measurements used in the determination of facial indices. J Craniomaxillofac Surg <u>36</u>, 279-284
- Moose SM (1964): Surgical correction of mandibular prognathism by intraoral subcondylar osteotomy. Br J Oral Surg <u>39</u>, 172
- Moss JP, Grindrod SR, Linney AD, Arridge SR, James D (1988): A computer system for the interactive planning and prediction of maxillofacial surgery. Am J Orthod Dentofac Orthop 94, 469–475
- Moss JP, McCance AM, Fright WR, Linney AD, James DR (1994): A three-dimensional soft tissue analysis of fifteen patients with class II, division I malocclusions after bimaxillary surgery. Am J Orthod Dentofac Orthop 105, 430-437
- Nagasaka S, Fujimura T, Segoshi K (2003): Development of a nonradiographie cephalometric system. Eur J Orthod <u>25</u>, 77-85
- Nanda RS, Ghosh J, Bazakidou E (1996): Three-dimensional facial analysis using a video imaging system. Angle Orthod <u>66</u>, 181-188

- Nkenke E , Vairaktaris E, Kramer M, Schlegel A, Holst A, Hirschfelder U, Wiltfang J, Neukam FW, Stamminger M (2008): Three-dimensional analysis of changes of the malar-midfacial region after LeFort I osteotomy and maxillary advancement.
 Oral Maxillofac Surg 12, 5-12
- Nötzel F, Schultz C, Hartung M: Fernröntgenseitenbildanalyse, Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln 2007
- Obwegeser H (1965): Eingriffe am Oberkiefer zur Korrektur des progenen Zustandsbildes. Schweiz Mschr Zahnheilkd 75, 365-374
- Obwegeser HL: Mandibular growth anomalies: terminology, aetiology, diagnosis, treatment. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 2001, S.372
- Obwegeser H, Trauner R (1955): Zur operationstechnik bei der Progenie und anderer Unterkieferanomalien. Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd 23, H1-2
- Okudaira M, Kawamoto T, Ono T, Moriyama K (2008): Soft-tissue changes in association with anterior maxillary osteotomy: a pilot study. Oral Maxillofac Surg 12: 131-138.
- Papadopoulos MA, Lazaridou-Terzoudi T, Øland J, Athanasiou AE, Melsen B (2009):

 Comparison of soft and hard tissue profiles of orthognathic surgery patients treated recently and 20 years earlier. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 108, 8-13

- Papel ID: Facial Plastic and Recontructive Surgery, Thieme Verlag, New York 2009
- Piekartz von HJM: Kiefer, Gesichts- und Zervikalregion, Georg Thieme Verlag Stuttgart 2005
- Plooij JM, Swennen GR, Rangel FA, Maal TJ, Schutyser FA, Bronkhorst EM, Kuijpers-Jagtman AM, Bergé SJ (2009): Evaluation of reproducibility and reliability of 3D soft tissue analysis using 3D stereophotogrammetry. Int J Oral Maxillofac Surg 38, 267-273
- Rabey G (1971): Craniofacial morphanalysis. Proc R Soc Med 64, 103-111
- Robinson WW, Spiedel TM, Isaaeson RJ, Worms TW (1971): Soft tissue profile change produced by reduction of mandibular prognathism. Angle Orthod <u>41</u> 227-235
- Rosen HM (1988): Lip-nasal aesthetics following LeFort I osteotomy. Plast Reconstr Surg <u>81</u>, 171–179
- Rustemeyer J, Eke Z, Bremerich A (2010 a): Perception of improvement after orthognathic surgery the important variables affecting patient satisfaction. Oral Maxillofac Surg 14, 155-162
- Rustemeyer J, Groddeck A, Zwerger S, Bremerich A (2010 b): The accuracy of twodimensional planning for routine orthognatic surgery. Br J Oral Maxillofac Surg 48, 271-275

- Schamsawary S: Dysgnathien Interdisziplinäre Therapiekonzepte von der Planung bis zur Operation, Urban und Fischer Verlag, München 2007
- Schendel SA, Williamson LW (1983): Muscle reorientation following superior repositioning of the maxilla. Oral Maxillofac Surg <u>41</u>, 235–240
- Schinnenburg W: Rechtsratgeber für die Zahnarztpraxis, Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV-Hanser, Köln München 2001
- Schopf P: Curriculum Kieferorthopädie, Band I. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 1994 a
- Schopf P: Curriculum Kieferorthopädie, Band II. Quintessenz Verlags-GmbH, Berlin 1994 b
- Schwenzer N, Ehrenfeld M: Band 2 Spezielle Chirurgie, Thieme Verlag, Stuttgart 2002, S.235-259
- Segner D, Hasund A: Individualisierte Kephalometrie, Dietmar Segner Verlag,
 Hamburg 1991
- Steinhäuser, EW (1996): Historical development of orthognatic surgery. J Cranio Maxillofac Surg 24, 195-204
- Stelzenmüller W, Wiesner J: Therapie von Kiefergelenksschmerzen, Thieme Verlag, Stuttgart 2004, S.97

- Trauner R, Obwegeser HL (1957): The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty, part I: Surgical procedure to correct mandibular prognathism and reshaping of chin. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 10, 677-689
- Wassmund M: Frakturen und Luxationen des Gesichtsschädels, Hermann Meusser Verlag, Leipzig 1927
- Westermark A, Bystedt H, Konow von L (1998a): Inferior alveolar nerve function after mandibular osteotomies. Br J Oral Macillofac Surg 36, 425-8
- Westermark A, Bystedt H, Konow von L (1998b): Inferior alveolar nerve function after sagittal split osteotomy of the mandible: correlation with degree of interoperative nerve encounter and other variables in 496 operations. Br J Oral Maxillofac Surg <u>36</u>, 429-33
- Wittwer G, Adeyemo WL, Beinemann J, Juergens P (2012): Evaluation of risk of injury to the inferior alveolar nerve with classical sagittal split osteotomy technique and proposed alternative surgical techniques using computer-assisted surgery. Int J Oral Maxillofac Surg 41, 79-86

Wolff J (1863): Die Osteoplastik in ihren Beziehungen zur Chirurgie und Physiologie.

Medizin-Chirurgische Rundschau, Archiv für klinische Chirurgie, Wien, IV Bd.

1, 44-50

Ylikontiola L, Kinnunen J, Laukkanen P, Oikarienen K (2000): Prediction of recovery neurosensory deficit after bilateral sagittal split osteotomy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod <u>90</u>, 275-281

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die am Zustandekommen dieser Arbeit beteiligt waren.

Ein besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. Dr. Jan Rustemeyer, Direktor der Mund-, Kiefer,- und Gesichtschirurgie des Klinikums Bremen-Mitte, der mir die Möglichkeit gab, meine Dissertation in seiner Klinik zu erstellen.

Auch für die Überlassung des Themas, das zur Verfügung gestellte Bildmaterial und für seine stets vorhandene und großzügige Hilfsbereitschaft, sowie ununterbrochene Unterstützung beim Erstellen dieser Arbeit und für all seine Geduld, danke ich ihm sehr. Ich bedanke mich auch herzlich bei meiner Mutter, Gabriele Martin, sowie bei Jutta und Wolfgang Barre für die Durchsicht der Arbeit sowie die konstruktiven Korrekturvorschläge.

Darüber hinaus danke ich meinem Mann Markus für die Motivation und die Unterstützung bei der Endkorrektur dieser Arbeit.