

Aus der Klinik für Kieferchirurgie und Plastische Gesichtschirurgie  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

*Langzeitergebnisse nach operativer Vorverlagerung des  
Unterkiefers:  
Vergleich zwischen konventioneller Vorverlagerung und  
Distractionsosteogenese nach dem „floating bone concept“ nach  
ca. zehn Jahren*

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Ghaleb Al Khatib

aus Gaiboul, Lattakia/ Syrien

Datum der Promotion: 30.05.2015

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Inhaltsverzeichnis .....   | 2  |
| Abstrakt .....   | 5  |
| Abstract .....   | 7  |
| 1 Einleitung .....   | 9  |
| 1.1 Indikationen zur chirurgischen Therapie der mandibulären Retrognathie .....                      | 9  |
| 1.2 Chirurgische Vorverlagerung des Unterkiefers zur Korrektur der mandibulären Retrognathie.....    | 10 |
| 1.2.1 Konventionelle chirurgische Eingriffe am Unterkiefer .....                                     | 11 |
| 1.2.1.1 Historischer Überblick .....   | 11 |
| 1.2.1.2 Die bilaterale sagittale Spaltosteotomie (BSSO) nach Obwegeser und ihre Modifikationen ..... | 13 |
| 1.2.2 Distraktionsosteogenese des Unterkiefers .....   | 16 |
| 1.2.2.1 Geschichte der Distraktion.....  | 16 |
| 1.2.2.2 Indikation der Distraktionsosteogenese .....   | 17 |
| 1.2.2.3 Biologie der Distraktionsosteogenese .....   | 18 |
| 1.2.2.4 Das „floating bone concept“ .....  | 20 |
| 1.3 Fragestellung und Zielsetzung .....  | 21 |
| 2 Material und Methode .....   | 25 |
| 2.1 Auswahl der Patienten .....  | 25 |
| 2.2 Operationstechnik .....  | 26 |
| 2.2.1 Bilaterale retromolare Distraktionosteogenese.....   | 26 |
| 2.2.2 Distraktionsprotokoll und Distraktorentfernung.....  | 29 |
| 2.2.3 Bilaterale sagittale Spaltosteotomie nach Obwegeser/Dal Pont.....                              | 29 |
| 2.2.4 Osteosynthese Materialentfernung.....  | 31 |
| 2.3 Subjektive Bewertung .....   | 32 |
| 2.4 Die klinische Untersuchung.....  | 32 |
| 2.4.1 Kiefergelenk .....   | 32 |
| 2.4.2 Innervationsstörung der Unterlippe.....  | 32 |
| 2.4.2.1 Thermosensibilitätstest .....  | 33 |
| 2.4.2.2 Spitz-Stumpf-Diskrimination.....   | 33 |
| 2.4.2.3 Zwei-Punkt-Diskrimination .....  | 33 |

## Inhaltsverzeichnis

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.5     | Zephalometrische Auswertung.....   | 35 |
| 2.5.1   | Referenzpunkte .....   | 37 |
| 2.5.2   | Referenzlinien .....   | 38 |
| 2.6     | Statistische Auswertung und Methodenfehler.....                          | 42 |
| 2.6.1   | Statistische Analyse .....   | 42 |
| 2.6.2   | Bestimmung des Methodenfehlers .....                                     | 42 |
| 3       | Ergebnisse.....  | 44 |
| 3.1     | Patientenkollektiv .....   | 44 |
| 3.2     | Ergebnisse der skelettalen Stabilität der Vorverlagerungsstrecke .....   | 46 |
| 3.2.1   | Vorverlagerungsstrecke.....  | 46 |
| 3.2.2   | Horizontale Bewegung des B-Punktes .....                                 | 48 |
| 3.2.3   | Vertikale Bewegung des B-Punktes .....                                   | 52 |
| 3.2.4   | Änderung der sagittalen Position des Unterkiefers (SNB-Winkel) .....     | 54 |
| 3.2.5   | Positionsveränderung des aufsteigenden Astes (SN/Ar-Rtgh) .....          | 56 |
| 3.3     | Ergebnisse der Funktionsuntersuchung des Kiefergelenks .....             | 60 |
| 3.3.1   | Klinische Untersuchung der Beweglichkeit des Unterkiefers.....           | 60 |
| 3.3.1.1 | Klinische und subjektive Beurteilung der Mundöffnung.....                | 60 |
| 3.3.1.2 | Klinische Untersuchung der Protrusion.....                               | 63 |
| 3.3.1.3 | Klinische Untersuchung der Laterotrusion .....                           | 64 |
| 3.3.2   | Klinische und subjektive Untersuchung der Kiefergelenke .....            | 67 |
| 3.4     | Bewertung der Sensibilität der Unterlippe .....                          | 69 |
| 3.4.1   | Subjektive Evaluation der Sensibilität.....                              | 69 |
| 3.4.2   | Klinische Untersuchung der Sensibilität .....                            | 69 |
| 3.4.2.1 | Thermosensibilität.....  | 69 |
| 3.4.2.2 | Spitz-Stumpf-Test .....  | 70 |
| 3.4.2.3 | Zwei-Punkt-Diskrimination .....  | 71 |
| 3.5     | Subjektive Zufriedenheitsanalyse .....                                   | 72 |
| 3.5.1   | Bewertung der Kaufunktion .....  | 72 |
| 3.5.2   | Beurteilung der subjektiven Zufriedenheit mit dem Profil.....            | 72 |
| 3.5.3   | Beurteilung der subjektiven Gesamtzufriedenheit mit der Behandlung ..... | 73 |
| 4       | Diskussion .....   | 75 |
| 4.1     | Patientenkollektiv .....   | 75 |
| 4.2     | Langzeitige skelettale Stabilität.....                                   | 77 |
| 4.3     | Kiefergelenksfunktion und Mobilität des Unterkiefers .....               | 86 |

## Inhaltsverzeichnis

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 4.4 | Sensibilität.....                                     | 91  |
| 4.5 | Zufriedenheit mit der Operation und Beurteilung ..... | 99  |
| 5   | Literaturverzeichnis .....                            | 103 |
| 6   | Abbildungsverzeichnis .....                           | 122 |
| 7   | Tabellenverzeichnis.....                              | 125 |
| 8   | Verzeichnis der Abkürzungen.....                      | 126 |
| 9   | Anhänge .....   | 128 |
| 9.1 | Fragebogen.....                                       | 128 |
| 9.2 | Untersuchungsprotokoll .....                          | 130 |
| 9.3 | Eidesstattliche Versicherung.....                     | 132 |
| 9.4 | Lebenslauf .....                                      | 133 |
| 9.5 | Danksagung.....                                       | 135 |

## Abstrakt

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie bestand darin, die langfristige skelettale Stabilität der Unterkieferverlagerung durch bilaterale enorale Unterkieferdistraktion (DO) nach dem „floating bone concept“ und durch konventionelle bilaterale sagittale Spaltung Osteotomie (BSSO) nach Obwegeser-Dal Pont nach einer durchschnittlichen Dauer von zehn Jahren zu beurteilen. Darüber hinaus waren die Kaufunktion, die Kiefergelenkfunktion, Sensibilitätsstörungen und Zufriedenheit zu betrachten.

Insgesamt wurden 40 Patienten (20 Patienten mit Distraktionsosteogenese, 20 Patienten mit BSSO), die zwischen 1996 und 2000 am Campus Benjamin Franklin der Charité – Universitätsmedizin Berlin operiert wurden in die Studie einbezogen und nach einer durchschnittlichen Dauer von zehn Jahren (DO-Gruppe:  $9,25 \pm 1,11$  Jahr, BSSO-Gruppe:  $10,8 \pm 1,15$  Jahr) nachuntersucht.

Von den je 20 Patienten waren in der DO-Gruppe 14 weiblich und sechs männlich, in der BSSO-Gruppe fanden sich 15 weibliche und fünf männliche Patienten. Über eine zephalometrische Analyse von Fernröntgenbildern wurde die skelettale Stabilität nach Unterkieferverlagerung untersucht. Mit Hilfe eines Fragebogens und des Indexes nach Helkimo wurde die Funktion des Kiefergelenkes subjektiv und objektiv untersucht. Die Sensibilität des Nervus Alveolaris inferior wurde subjektiv durch Befragung der Patienten bewertet und klinisch durch den Thermosensibilitätstest, den Spitz-Stumpf Test und die Zwei-Punkt Diskrimination untersucht. Die subjektive Gesamtzufriedenheit der Behandlung wurde durch die subjektive Bewertung der Kaufunktion, der Zufriedenheit mit dem Ergebnis der Therapie evaluiert.

Obwohl die horizontale Rezidivneigung bei der DO-Gruppe ausgeprägter als bei der BSSO-Gruppe ( $P < 0,05$ ) erschien, war der Unterschied in Bezug auf die Vorverlagerungstrecke bzw. erreichte Situation am Ende der kieferorthopädischen Behandlung zwischen den beiden Gruppen nicht signifikant ( $P > 0,05$ ).

Die skelettale Veränderung in der Horizontal- und Vertikalebene zeigte keine relevante klinische Bedeutung.

Die Position des aufsteigenden Astes nach der Vorverlagerung des Unterkiefers hat sich unwesentlich geändert (weniger als  $1^\circ$  bei den BSSO-Patienten und als  $2^\circ$  bei den DO-Patienten).

Die subjektive und objektive Bewertung der Sensibilitätsstörung zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der DO- und der BSSO-Gruppe. Hinsichtlich der

## Abstrakt

Funktion des Kiefergelenks und der Mobilität des Unterkiefers konnte in dieser Studie in den beiden Gruppen eine deutliche Verbesserung der subjektiv eingeschätzten Kaufunktion und Mundöffnung erzielt werden. Die Mehrheit der Patienten in den beiden Gruppen war mit der Behandlung zufrieden.

Diese Ergebnisse zeigen, dass sowohl die bilaterale enorale Unterkieferdistraction (DO) nach dem „floating bone concept“ als auch BSSO als eine klinisch erfolgreiche Vorgehensweise bezeichnet werden können, die ebenso langfristig stabile Ergebnisse zeigen.

## Abstract

The aim of this retrospective study was to compare the long-term stability of the mandible after a bilateral lengthening procedure, either by bilateral sagittal split osteotomy (BSSO) or distraction osteogenesis using the "floating bone concept"(DO), and, furthermore, to evaluate the stomatognathic function, the neurosensory function of the inferior alveolar nerve and patient satisfaction after ca. 10 years.

40 patients who underwent mandibular advancement surgery at Campus Benjamin Franklin, Charité - Universitätsmedizin Berlin, between 1996 and 2000 were evaluated after an average period of 10 years (DO group:  $9.25 \pm 1.11$  years, BSSO group:  $10.8 \pm 1.15$  years); either group, BSSO or DO consisted of 20 patients. Of the 20 patients in the DO group 14 were female and 6 were male, whereas the BSSO group consisted of 15 female and 5 male patients.

The long-term stability of the mandible was evaluated by analysing cephalometric radiographs of the patients, which were taken preoperatively, postoperatively and at the latest examination after long-term follow-up of 9.44 years. Using a questionnaire and the Helkimo index, the function of the temporomandibular joint was examined subjectively and objectively. The neurosensory function of the inferior alveolar nerve was subjectively assessed by questioning the patient and clinically examined by means of the thermal sensitivity test, the pointed-blunt test and the two-point discrimination. The subjective patient treatment satisfaction was assessed by subjective evaluation of masticatory function, and by establishing subjective patient satisfaction with the outcome of therapy.

Although the horizontal relapse appeared to be greater in the DO group than in the BSSO group ( $P < 0.05$ ), the difference in relation to the amount of surgical advancement of the mandible between the two groups was not significant ( $P > 0.05$ ).

The position of the mandibular ramus had only changed slightly after advancement (less than  $1^\circ$  in the BSSO patients and  $2^\circ$  at the DO-patients).

The subjective and objective evaluation of sensory disturbance showed no statistically significant difference between the DO group and the BSSO group. Regarding the function of the temporomandibular joint and the mobility of the mandible, a significant functional improvement could be achieved in both groups. The majority of patients in both groups were satisfied with the treatment.

## Abstract

These results show that the bilateral intraoral mandibular distraction (DO) using the "floating bone concept" and BSSO can be described as a clinically successful procedure that also achieves consistent long-term stability.



# **1 Einleitung**

## **1.1 Indikationen zur chirurgischen Therapie der mandibulären Retrognathie**

Dysgnathiepatienten stellen einen beträchtlichen Anteil der Patienten dar, die sowohl unter funktionellen als auch unter ästhetischen Problemen leiden. Daher nimmt die chirurgische Kieferorthopädie einen hohen Stellenwert in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ein.

Eine der häufigen Dysgnathien ist die mandibuläre Retrognathie, die eine kieferorthopädische bzw. kombinierte kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung verlangt (Schopf 2008; Vos et al. 2009; Tammoscheit 1996).

Als mandibuläre Retrognathie wird die Rücklage des Unterkiefers bezeichnet, die von typischen klinischen Merkmalen begleitet ist wie einem fliehenden Kinn, Distalbiss und sagittaler Frontzahnstufe („Overjet“).

Patienten mit ausgeprägter Unterkieferhypoplasie (mandibuläre Retrognathie) leiden nicht nur unter einer ästhetischen Beeinträchtigung, sondern v. a. unter funktionellen Störungen, die die Sprache, das Kauvermögen und in schweren Fällen auch die Atmung und die Schluckfunktion betreffen (Braumann et al. 1997; Keßler et al. 2000; Breuning et al. 2005).

Aus diesen Gründen entsteht die Notwendigkeit, die Gebisslageanomalie zu behandeln, um sowohl den funktionellen Zustand wiederherzustellen als auch die Ästhetik zu verbessern und so den psychischen Druck der betroffenen Patienten zu lindern. Indem das Selbstvertrauen der Patienten gestärkt wird, erhöht sich deren Lebensqualität.

Für die Behandlung von Klasse-II-Dysgnathien bestehen in Abhängigkeit von der Wachstumsphase, der Ausprägung der Dysgnathie und anderen Faktoren prinzipiell mehrere Therapieansätze (Watted et al. 2000).

Während Dysgnathien geringen Umfangs durch rein dentoalveolare Korrekturmaßnahmen ausgeglichen werden können (Watted et al. 2000), verlangen die ausgeprägten Formen eine kombinierte kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung.

Die Abteilung für Kieferchirurgie und Plastische Gesichtschirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité beschäftigt sich seit über 20 Jahren mit der Behandlung von Fehlbildungen und hat hier einen besonderen Forschungsschwerpunkt.

## Einleitung

Skelettale Fehlbildungen und/oder Wachstumsstörungen des Unterkiefers stellen eine funktionelle Einschränkung des stomatognathen Systems dar und sind fast immer therapiebedürftig. Dabei kommt der mandibulären Hypoplasie eine besondere Bedeutung zu, deren Behandlung üblicherweise mit einer operativen Vorverlagerung erfolgt. Als Alternative zur klassischen chirurgischen Vorgehensweise nach Obwegeser/Dal Pont wurde in der Charité das floating bone concept etabliert. Für die klassische Vorgehensweise liegen Langzeiterfahrungen von über 15 Jahren vor, dabei muss bei einem Teil der Patienten festgestellt werden, dass sich ein Rezidiv (Rückfall in die ursprüngliche klinische Situation) einstellt. Für Patienten, die operativ nach dem floating bone concept behandelt wurden, sind Langzeitergebnisse nicht vorhanden.

### **1.2 Chirurgische Vorverlagerung des Unterkiefers zur Korrektur der mandibulären Retrognathie**

Vor der chirurgischen Korrektur der Fehlstellung der Mandibula ist in der Regel – wie bei anderen Dysgnathieformen – eine kieferorthopädische Vorbehandlung unerlässlich, um die Zahnreihen in allen drei Dimensionen korrekt zur jeweiligen Kieferbasis des Ober- und Unterkiefers auszuformen, wobei die Zahnbögen des Ober- und Unterkiefers isoliert betrachtet und getrennt korrekt zur jeweiligen Kieferbasis des Ober- und Unterkiefers ausgeformt werden müssen (Brachvogel 2002), so dass eine gesicherte Okklusion direkt postoperativ erreicht werden kann. Für die Feineinstellung der Okklusion und der Retention der Behandlungsergebnisse ist die postoperative kieferorthopädische Behandlung erforderlich (Abbildung 1-1). Abhängig von der Ausprägung der Diskrepanz und der Rücklage des Unterkiefers und von dem Vorhandensein anderer Anomalien (offener Biss, maxilläre Retro- bzw. Prognathie) und von der Vorverlagerungsstrecke wird die chirurgische Vorverlagerung des Unterkiefers isoliert (monomaxilläres Vorgehen) oder in Kombination mit einer Oberkieferosteotomie (Le-Fort-Osteotomie) durchgeführt (bimaxilläres Vorgehen).

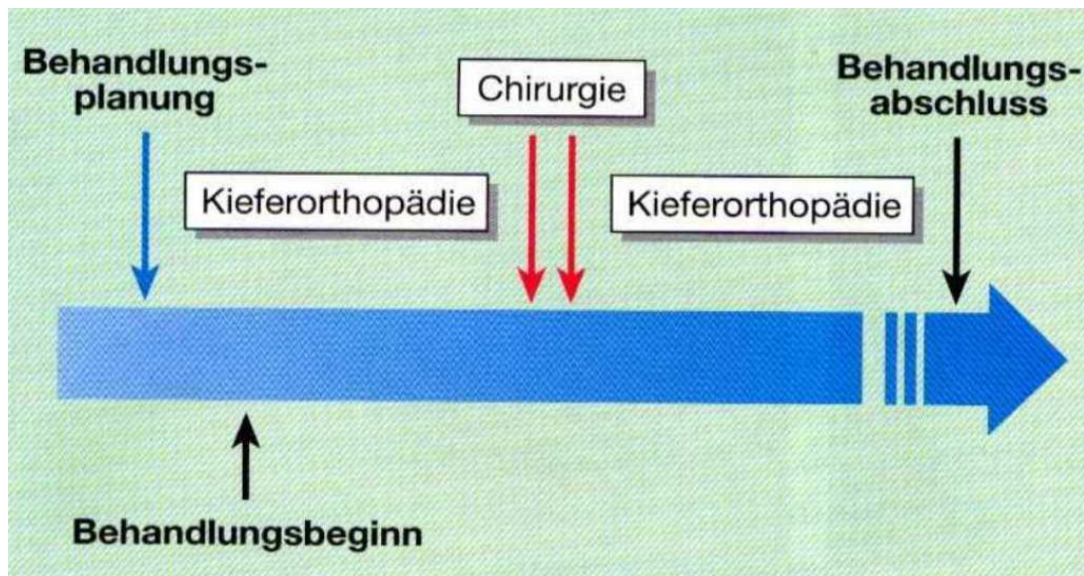


Abb. 1-1 Behandlungsverlauf bei der kombinierten kieferorthopädisch- kieferchirurgischen Dysgnathiebehandlung (Hoffmeister 2006).

Bei der chirurgischen Korrektur der mandibulären Retrognathie stellen zurzeit die bilaterale sagittale Spaltosteotomie (BSSO) und die Distractionsosteogenese das Standardverfahren dar (Dolce et al. 2000; Schreuder et al. 2007).

## 1.2.1 Konventionelle chirurgische Eingriffe am Unterkiefer

### 1.2.1.1 Historischer Überblick

Die Entwicklung der Unterkieferosteotomie nahm mehr als 100 Jahre, bevor das heutige chirurgische Verfahren zur Korrektur von Fehlstellungen des Unterkiefers entwickelt wurde, ihren Anfang.

Die erste Osteotomie des Unterkiefers wurde durch den amerikanischen Kieferchirurgen Hullihen im Jahr 1849 durchgeführt, der einen durch Narbenzug entstandenen frontal offenen Biss infolge einer Verbrennungsverletzung mit einer keilförmigen Segmentosteotomie im Unterkiefer erfolgreich behandelte (Aziz 2004).

Die Wiege der frühen Dysgnathieoperation allerdings ist St. Louis, wo der Kieferorthopäde Edward Angle und der Chirurg Vilray Blair (1898) gemeinsam eine Osteotomie des Unterkieferkörpers zur Korrektur einer mandibulären Prognathie durchführten, die "St. Louis-Operation" genannt wurde, worüber in der Literatur von Whipple berichtet wurde (Steinhäuser 1996).

Auf der anderen Seite des Atlantiks, in Europa, gab es in dieser Zeit nur geringe Entwicklungen. In Frankreich beschrieb Berger (1897) eine condyläre Osteotomie zur

## Einleitung

Korrektur einer Prognathie. Diese Technik wurde auch von anderen Chirurgen erarbeitet, aber die Ergebnisse waren aufgrund von Problemen des Rezidivs und des offenen Bisses nicht befriedigend (Berger 1897).

Babcock in den USA (1909) und einige Jahre später Bruhn und Lindemann in Deutschland (1921) beschrieben eine nahezu identische Methode, die von Blair im Jahr 1907 eingeführt worden war: eine horizontale Osteotomie zwischen der Incisura semilunaris und der Foramen mandibulare (Steinhäuser 1996). Zwischen den beiden Weltkriegen entwickelte sich die Orthognathiechirurgie nur langsam.

Einige Jahre später beschrieb Kosticka im Jahre 1928 eine subcondyläre Osteotomie. Er teilte das Collum mit einer Gigli-Säge über einen extraoralen Zugang. Diese Technik geriet aufgrund des öfter vorkommenden frontalen offenen Bisses, von Schädigungen der A. maxillares sowie des Auftretens von Speichelfisteln und Gesichtslähmungen in Verruf (Reitzik 1988).

Bis zum Zweiten Weltkrieg wurden in Europa verschiedene chirurgische Verfahren am Unterkiefer beschrieben, z. B. von Perthes (1922), Pichler (1928), Wassmund (1935) und Hofer (1936). In den USA beschrieben legten Kazanjian (1932) und Dingman (1944) eine neue Technik und Verbesserungen zur Korrektur mandibulärer Fehlbildungen (Steinhäuser 1996).

Perthes (1922) stellte ein zukunftsweisendes chirurgisches Verfahren seines Oberarztes Schloessmann vor. Dieser hatte dieses Verfahren bei difform verheilten Kieferfrakturen angewandt: Osteotomie an beiden Kieferwinkeln, wobei nach einem extraoralen Zugang eine schräg verlaufende flächenhafte Durchtrennung des Ramus vorgenommen wurde. Die Osteotomielinie steigt schräg von unten außen nach innen oben auf und endet oberhalb des Foramen mandibulare, der Nervus alveolares inferior bleibt also intakt (Abbildung 1-2). Durch die Anlagerungsfläche der Fragmente nach der Stellungskorrektur war die Rezidivneigung wesentlich verringert. Die Fixation des Unterkiefers in seiner neuen Position erfolgte durch Schienen (Hoffmann-Axthelm 1995).

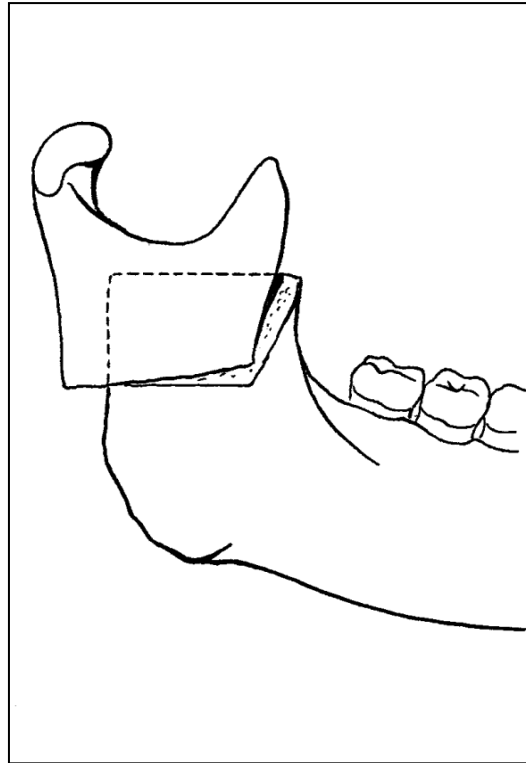


Abb. 1-2 Schloessmann: flächenhafte Durchtrennung des Ramus  
1922 (Hoffmann-Axthelm 1995)

Schuchardt (1942) hat in seiner Publikation „Die Behandlung angeborener und erworbener Kieferdeformitäten bei Soldaten“ die Korrektur von Fehlstellungen des Ober- und Unterkiefers detailliert beschrieben. Er erkannte die Relevanz der Zusammenarbeit von Chirurgen und Kieferorthopäden und hat dies auch 1954 in einer Arbeit über „Die Chirurgie als Helferin der Kieferorthopädie“ veröffentlicht. In dieser Publikation weist er auch erstmals auf die intraoral durchgeführte schräge Osteotomie im aufsteigenden Ast hin, die später zu einem Disput mit Obwegeser führte (Steinhäuser 2003).

#### **1.2.1.2 Die bilaterale sagittale Spaltosteotomie (BSSO) nach Obwegeser und ihre Modifikationen**

Der größte Fortschritt in der orthognathen Chirurgie, vor allem in der Unterkieferostetomie, fand in den 50er Jahren statt, als Trauner und Obwegeser die sagittal-stufenförmige Spaltung des Unterkiefers mit intraoralem Zugangsweg etablierten (Trauner et al. 1957). Hierbei verläuft die horizontale Osteotomielinie auf der lingualen Seite des Ramus zwischen Lingula und Inzisur, dann wird parallel dazu über dem Kieferwinkel die bukkale Kompakta kaudal der lingualen Osteotomielinie

## Einleitung

durchtrennt. Mit der Modifikation von Dal Pont 1959 (Dal Pont 1961) wurde die retromolare sagittale Spaltosteotomie (BSSO) nach Obwegeser/Dal Pont das Standardverfahren zur Korrektur der Rücklage bzw. der Vorlage des Unterkiefers, obwohl Dal Pont selbst diese Operation nie durchgeführt hat (Hoffmeister 2006). Die bukkale Osteotomielinie verläuft vertikal zwischen dem ersten und zweiten Molar. Nach der Spaltung entstehen drei Fragmente: zwei gelenktragende Segmente und ein zahntragendes Fragment. Während das zahntragende Fragment in allen drei Ebenen verschoben werden kann, soll die Lage der gelenktragenden Fragmente nicht verändert werden, um die Condylenposition in der Gelenkgrube (Fossa mandibulares) festzuhalten (Abbildung 1-3).

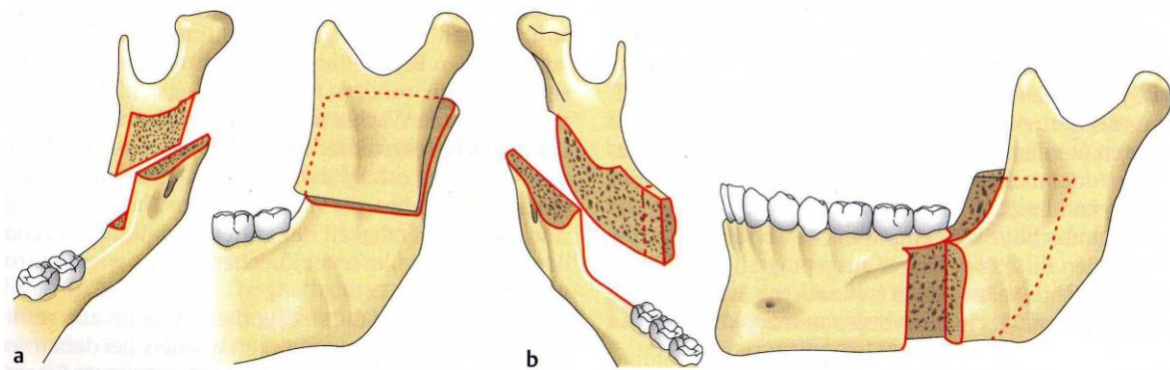


Abb. 1-3 Sagittale Spaltung der aufsteigenden Unterkieferäste  
(Gattinger 2002)

*a- Originalmethode nach Obwegeser.*

*b- Modifikation von Dal Pont.*

Diese Form der sagittalen Spaltung weist den Vorteil einer größeren Anlagerungsfläche der Knochenfragmente nach der Verschiebung der einzelnen Segmente gegeneinander auf, die notwendig ist, um eine optimale knöcherne Durchbauung zu erzielen (Hoffmeister 2006).

Eine weitere Modifikation dieser Technik wurde von Hunsuck (Hunsuck 1968) und Epker (Epker 1977) etabliert. Bei dieser Modifikation umfasst die linguale Osteotomielinie nicht die gesamte Breite des aufsteigenden Unterkieferastes bis zu dessen Hinterrand, sondern endet dorsal des Foramen mandibulare (Abbildung 1-4).

## Einleitung

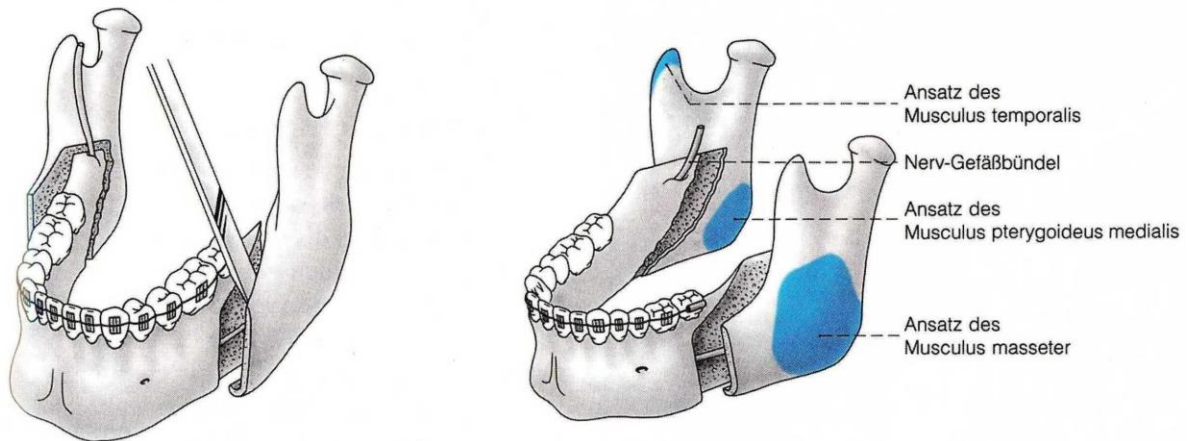


Abb. 1-4 Schematische Darstellung einer retromolaren sagittalen Osteotomie in der Modifikation nach HUNSUCK/EPKER mit Vorverlagerung (Hoffmeister 2006).

Eine ausreichende Anlagerungsfläche vom Knochen, geringe Traumata, die geringfügige Mobilisation der Muskulatur, vor allem der hinteren Hälfte des aufsteigenden Unterkieferastes, sind bilden die Vorteile dieser Technik (Hoffmeister 2006).

Verbesserungen in der chirurgischen Technik und die Verwendung der rigiden Fixation haben deutlich die Morbidität dieses Verfahrens verringert und liefern deshalb befriedigende Ergebnisse der chirurgischen Korrektur bei einer Vielzahl von Unterkieferanomalien (Tucker et al. 2007).

Bis heute wurde die Technik der Osteotomie am Unterkiefer beibehalten. Veränderungen und Weiterentwicklungen fanden im Bereich der Osteosynthese statt.

Von größtem Wert ist die Stabilisierung der bei der Osteotomie des Unterkiefers entstandenen Fragmente durch Osteosynthese, um eine komplikationsfreie Knochenheilung zu erreichen. Die Fixation mit Edelstahldrähten war mit einer höheren Rezidivrate verbunden. Des Weiteren stellten die Schwierigkeiten mit Atmung, Sprache und Nahrungsaufnahme, mit denen die sechswöchige postoperative intermaxilläre Fixation einhergeht, ein großes Problem dar. Die Notwendigkeit, diese Nachteile zu vermindern bzw. zu verhindern, führte zur Entwicklung der Osteosynthese. Luhr berichtete in seinem Übersichtsartikel bezüglich der Entwicklung der modernen Osteosynthese, dass Michelet und Quentin 1971 eine monokortikale Miniplattenosteosynthese durchgeführt hatten, um die sagittale Spaltung des Unterkiefers zu stabilisieren (Luhr 2000). Spiessl stellte 1974 die Vorteile der Fixation

## Einleitung

des Unterkiefers durch Zugschraubenosteosynthese bei bilateraler sagittaler Spaltosteotomie nach Obwegeser/Dal Pont vor (Spiessl 1974). Mit der Weiterentwicklung der Osteosynthese wurden Miniplatten und Minischrauben aus Titan zur Anwendung gebracht, wodurch eine funktionsstabile Versorgung gewährleistet werden konnte (Dolce et al. 2002; Moen et al. 2011).

In den vergangenen 15 Jahren wurden einige Studien über die Verwendung der resorbierbaren Osteosynthesematerialien, die vom menschlichen Körper vollständig aufgelöst und ausgeschieden werden, veröffentlicht (Haers et al. 1998; Suuronen et al. 2002).

### **1.2.2 Distractionsosteogenese des Unterkiefers**

Die Distractionsosteogenese stellt ein relativ neues therapeutisches Konzept innerhalb der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, die zur Kieferaugmentation, zum Knochenaufbau im Schädel- und Gesichtsschädelskelett (Hoffmeister 2006) angewendet wird, dar. Sie gewinnt für die Behandlung kraniofazialer Wachstumsdefizite vor allem dadurch an Bedeutung, dass bereits im Wachstumsalter Korrekturen durchgeführt werden können, die mit traditionellen Verfahren bisher nicht möglich waren (Kessler 2002). Dies stellte eine interessante und vielversprechende Neuerung in der Dysgnathiechirurgie dar, die seit etwa 20 Jahren klinisch zur Behandlung von Deformitäten in der Kiefer- und Gesichtsregion angewendet wird.

#### **1.2.2.1 Geschichte der Distraction**

Die Technik der Distractionsosteogenese wurde in Europa entwickelt. Das Konzept der Knochenverlängerung wurde erstmals von Codvilla im Jahr 1905 beschrieben (Codvilla 1905), der es zum Verlängern eines Oberschenkelknochens durch wiederholte Distractionskräfte nutzte. Im Jahr 1927 wendete Abbot diese Technik zur Verlängerung einer Tibia an (McCarthy et al. 2000). Im selben Jahr führte Rosenthal eine mandibuläre Osteodistractionsprozedur durch (Rosenthal 1930).

Snyder und Kollegen berichteten über die erste Distractionosteogenese des Unterkiefers bei Hunden im Jahr 1973 (Schendel et al. 2007). Auch Michieli und Miotti 1977 wendeten diese Technik durch intraoralen Zugang zur Verlängerung der Mandibula bei zwei Hunden an (Michieli et al. 1977).

Als Vater der modernen Distractionosteogenese gilt der russische Orthopäde Gavril Ilizarov. 1951 entwickelte Ilizarov eine Technik zur Reparatur komplexer Frakturen oder Pseudoarthrosen der langen Röhrenknochen. Während der Behandlung eines Patienten mit einem amputierten Stumpf wechselte er die Drehrichtung und zog die



## Einleitung

Bruchenden auseinander, anstatt sie zu komprimieren. Durch Zufall entdeckte er, dass der Knochen in dem Distractionsspalt wuchs und mittels Röntgendiagnostik konnte er die Entwicklung von neuem Knochen im entstandenen Spalt nachweisen. Ilizarov setzte seine Forschungen über die Kallusdistraction fort und entwickelte seine Technik weiter. Bis in die Mitte der 80er Jahre hinein etablierte er Prinzipien der Distractionosteogenese im klinischen Alltag, die noch heute gültig sind (Ilizarov 1988). Die Einführung der Distractionosteogenese für die Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgie wurde erst Anfang der 90er Jahre von McCarthy et al. (McCarthy et al. 1992) sowie von Molina und Monasterio (Molina et al. 1995) vorgenommen. Sie führten die Kallusdistraction als neues Behandlungskonzept zur Unterkieferverlängerung im Rahmen der Behandlung von Deformitäten im Gesichtsbereich ein. Seitdem wird dieses Verfahren in der Fehlbildungschirurgie, insbesondere in der kraniofazialen Chirurgie und der orthognathen Chirurgie, eingesetzt.

### **1.2.2.2 Indikation der Distractionosteogenese**

Die Distractionosteogenese wird ihren Stellenwert als erweiterte Therapieoption zur Korrektur bei angeborenen oder erworbenen Fehlbildungen im Kiefer- und Gesichtsbereich behalten (Kessler 2002), doch hat sie die Behandlungskonzepte für kraniofaziale Wachstumsdefizite und syndromale Erkrankungen verändert, so dass der Grundsatz, Kieferosteotomien erst nach Ende des skelettalen Wachstums vorzunehmen, nicht mehr uneingeschränkt gilt (Wangerin 2000). Die Distractionosteogenese ermöglichte die Behandlung oder zumindest den Beginn der Behandlung mehrerer kraniofazialer Deformitäten im Wachstumsalter. Die Erwartungen und die Hoffnungen bei Einführung der Distractionosteogenese waren anfangs sehr groß, so dass viele Indikationen für die Distractionosteogenese zur Behandlung kraniofazialer Fehlbildungen gestellt wurden, einschließlich kraniofazialer Mikrosomie, des Nager-Syndroms, des Pierre-Robin-Syndroms, der Ankylose des Kiefergelenks, posttraumatischer Wachstumsstörungen, Mittelgesicht-Hypoplasien sowie des Treacher-Collins-Syndroms (Al-Daghreer et al. 2008; Molina 2009; McCarthy et al. 2000). Der erste Erfolg der Distractionosteogenese bei der Behandlung dieser Fehlbildungen und anderer Unterkiefer-Hypoplasien führte zu deren Anwendung in Fällen, in denen in der Regel orthognathe Operationen durchgeführt worden waren (Ow et al. 2009).

Nach über zehnjähriger Erfahrung mit der Distractionosteogenese ist es nun möglich, die für ihre Anwendung gültigen Regeln und Indikationen zu bestimmen. Es stellte sich

## Einleitung

heraus, dass die Distractionsosteogenese zwar Knochen erzeugen kann und dass dieser auch stabil bleibt, dass sie jedoch kein Wachstum in wachstumsgestörten Zonen induzieren kann (Hoffmeister 2006). Zur Vorverlagerung des Unterkiefers durch die Distractionsosteogenese stellt die Literatur der letzten fünf Jahre folgende Indikationen auf: einseitige und beidseitige Hypoplasie des Unterkiefers, Hypoplasie oder sekundärer Verlust des Gelenkfortsatzes (Hoffmeister 2006). Indikationen bei Erwachsenen bilden eine mandibuläre Retrognathie, bei der eine Vorverlagerungsstrecke um mehr als 9 mm erforderlich ist, sowie die Notwendigkeit einer Korrektur von Rezidiven nach vorangegangener Unterkiefervorverlagerung (Hoffmeister 2006; Wangerin 2010). Die dritte Indikation stellen die schwer therapierbaren Kiefergelenkbeschwerden in Verbindung mit einer mandibulären Retrognathie dar.

### **1.2.2.3 Biologie der Distractionsosteogenese**

Bei der Distractionsosteogenese handelt es sich um einen biologischen Prozess der Knochenneubildung zwischen den Flächen von Knochensegmenten, die graduell durch kontinuierliche Zugkräfte getrennt werden (Samchukov et al. 2008). Die Distractionsosteogenese beginnt mit der Bildung eines Reparaturkallus zwischen zwei durch eine Osteotomie getrennten Knochensegmenten. Die durch Distractionskräfte erzeugte Zugspannung stimuliert die Entstehung von neuem Knochen entlang dem Distractionsvektor. Diese Spannung scheint ein wichtiger physikalischer Faktor zur Differenzierung mesenchymaler Stammzellen zu sein. Die neugebildeten Gefäße orientieren sich parallel zur Distractionsrichtung und erschließen die zentrale Bindegewebszone vollständig. Die neovaskuläre Erschließung des Distractionskallus ist zehnfach höher als die eines Bruchspaltkallus und sorgt für eine bessere Oxygenierung des Gewebes (Kessler 2002).

Das umgebende Weichgewebe wird im Rahmen der Osteodistraction nicht durchtrennt, sondern nur gedehnt. Die Vermehrung des Gewebes im Rahmen der Osteodistraction läuft auf der Basis anderer biologischer Prozesse ab. Dieser Vorgang, der als Distractionshistiogenese bezeichnet wird, geschieht entweder durch Regeneration, als Folge von Gewebeerreißung und -degeneration, oder durch Neohistiogenese infolge einer allgemeinen Zellvermehrung und Wachstums (Kessler 2002).

Klinisch besteht die Distraction aus fünf nacheinander ablaufenden Phasen (Abbildung 1-4), (Samchukov et al. 2001):

1. **Osteotomie:** trennt den zu distrahierenden Knochen in zwei Segmente.

## Einleitung

2. **Die Latenzphase:** der Zeitraum zwischen Osteotomie und Beginn der Traktion. Sie beträgt in der orthognathen Chirurgie etwa drei Tage.
3. **Die Distraktionsphase:** ist charakterisiert durch Applikation von Zugkräften auf die osteotomierten Knochensegmente, die sich auseinanderziehen. Die Zugkräfte stimulieren die Entstehung von neuem Knochen in der zwischen den beiden Knochensegmenten entstandenen Lücke.
4. **Die Konsolidierungsphase (Retentionsphase):** der Zeitraum zwischen Ende der Distraktion und Entfernung des Distraktors. In dieser Phase mineralisiert der neugebildete Knochen. Die Konsolidierungsphase beträgt in der Regel drei Monate post operationem.
5. **Die Remodellingphase:** die Phase zwischen der vollen funktionellen Belastung bis zur Umformung des neugebildeten Knochens.

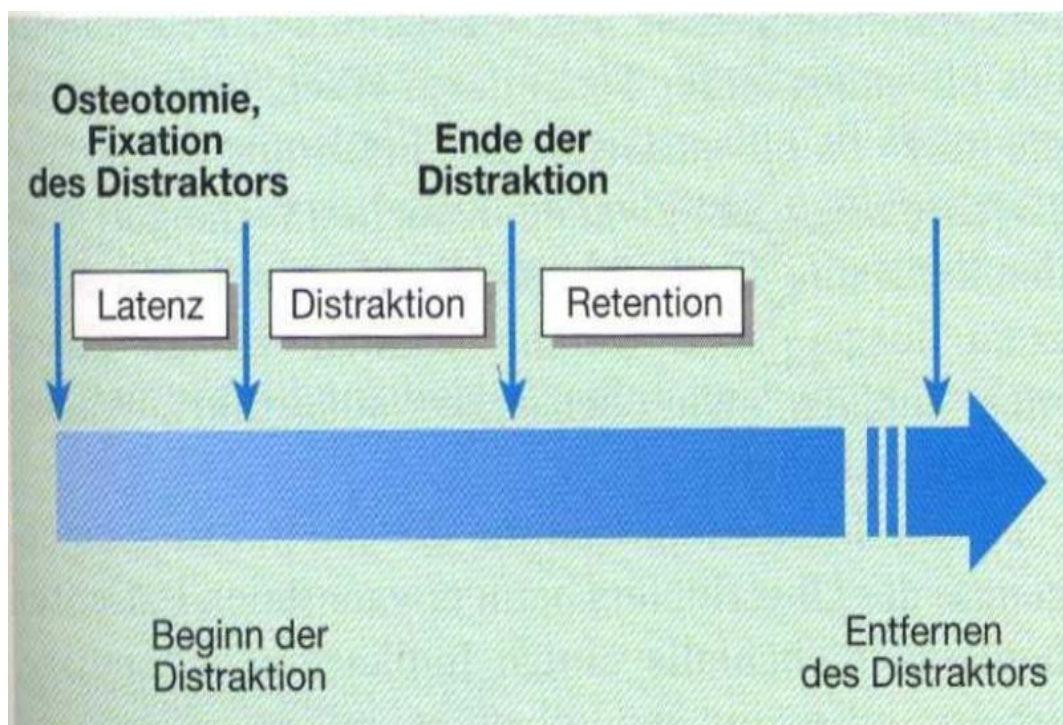


Abb. 1-5 Behandlungsablauf der Distraktionsosteogenese (Hoffmeister 2006).

Als etablierte chirurgische Technik birgt die Distraktionsosteogenese – wie jedes chirurgische Verfahren – Komplikationen, die in drei Gruppen unterteilt werden können: intraoperative, Intradistraktions- und Postdistraktions-komplikationen. Die intraoperativen Komplikationen betreffen den chirurgischen Eingriff (z. B. falsche Osteotomie, Nervenschäden sowie starke Blutungen) und Distraktorprobleme (z. B. Fraktur des Distraktors und instabile Platzierung). Intradistraktionskomplikationen

## Einleitung

beziehen sich auf die Distraction (z. B. Infektionen, Probleme mit Geräten, Schmerz, Malnutrition und unreife Konsolidierung). Postdistractionskomplikationen betreffen die Zeit nach der Entfernung der Distraktoren (z. B. Fehlstellung, Rezidiv und persistierende Nervenschädigung) (van Strijen et al. 2003).

Eine weitere mögliche Komplikation bei der Distraction des Unterkiefers ist der frontal offene Biss, der während der Distraction entstehen kann als Folge eines falschen Distractionvektors, falsch platzierter Distraktoren, ungünstiger suprahyoidaler Muskelzüge oder okklusaler Störungen (Ow et al. 2009). Es wurden verschiedene Methoden zur Kontrolle dieser Komplikationen beschrieben, wie die „Direct manuel shaping“ Methode (Kunz et al. 2000), „Moulding of the generate“ (Peltomaki et al. 2002) und das von Hoffmeister beschriebene „floating bone concept“ (Hoffmeister et al. 1999). Nach diesem Konzept kann die durch den Distraktor entstehende Abweichung ausgeglichen werden, da es der bewegliche Kallus ermöglicht, die Abweichung zu korrigieren und den offenen Biss zu schließen (Hoffmeister 1999).

### **1.2.2.4 Das „floating bone concept“**

Bei diesem Konzept wird zuerst eine bilaterale Unterkieferdistraction durchgeführt. Im Gegensatz zur ursprünglichen Technik der Distractionsosteogenese, bei der die Konsolidierungszeit drei Monate beträgt, wird der Distraktor hierbei nach einer kürzeren Konsolidierungszeit von nur zwei bis drei Wochen nach Ende der Distraction entfernt (Abbildung 1-5). Dies gibt die Möglichkeit, die Kallusbildung zu manipulieren und den Unterkiefer über die Führungsschiene in die gewünschte Okklusion zu bringen.

Es bedarf einer exzellenten interdisziplinären Behandlung der Patienten und einer guten Zusammenarbeit zwischen Chirurgen und Kieferorthopäden (Hoffmeister et al. 1999).

Nach Entfernung der Distractionseräte sollte der Kieferorthopäde die Patienten über drei Wochen beobachten und den Unterkiefer durch konsequente Umformung des neugebildeten Kallus mit Hilfe der Gummizüge in die richtige Okklusion bringen, bis der Knochen in der gewünschten Position fixiert ist. Voraussetzung hierfür ist eine völlige Dekompensation der ursprünglichen Okklusionsanomalie vor Beginn des Distractionsverfahrens (Palmer 1998). Ein wichtiger Faktor ist die postoperative kieferorthopädische Behandlung durch einen erfahrenen Kieferorthopäden (Hoffmeister et al. 1997; Hoffmeister et al. 1999). Je nach Alter des Patienten und je nach Schweregrad der Anomalie ist eine Überkorrektur von 1 – 3 mm erforderlich (Palmer 1998). Bei sich im Wachstum befindlichen Patienten wird eine Überkorrektur empfohlen (Schendel et al. 2007).

## Einleitung

Eine Überkorrektur in einen Kopfbiss oder sogar Mesialbiss ist notwendig, um eine gewisse Kallusschrumpfung nach Beendigung der Distraction wieder auszugleichen. Allerdings muss auch bei Distractionsbehandlungen das defizitäre Gewebevolumen maßvoll überkorrigiert werden, um dem Wachstumspotential in den angrenzenden, genetisch nicht defizitären Regionen, wie z. B. dem Oberkiefer, gerecht zu werden. Das Maß der Überkorrektur muss in jedem Fall individuell aus der Wachstumsprognose und der Erfahrung heraus bestimmt werden (Kessler 2004).

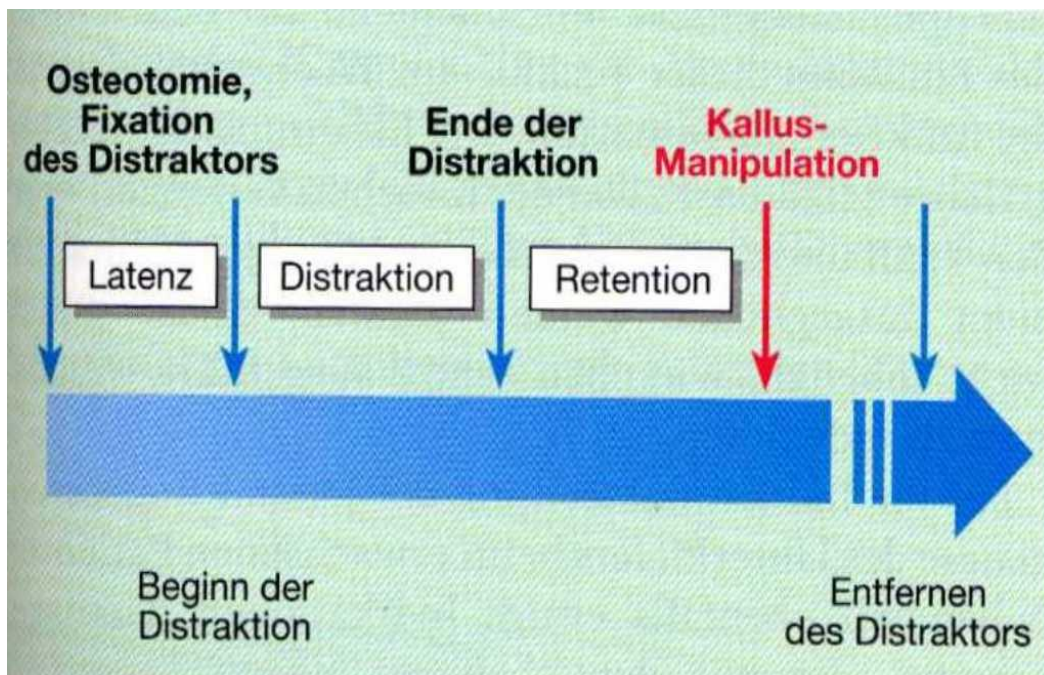


Abb. 1-6 Behandlungsablauf nach dem „floating bone concept“ (Hoffmeister 2006).

Das „floating bone concept“ wurde nicht nur für die Vorverlagerung des Unterkiefers, sondern auch für die kieferorthopädische Feineinstellung nach vertikaler Kallusdistraction eines ankylosierten Schneidezahns (Kinzinger et al. 2003) etabliert.

### 1.3 Fragestellung und Zielsetzung

Laut Bell et al. (1986) gibt es drei wesentliche Kriterien, die erfüllt werden müssen, um ein erfolgreiches Ergebnis der Dysgnathieoperation zu erreichen. Dies sind die Wiederherstellung der normalen Funktionen des Kiefers, die Schaffung optimaler Gesichtsästhetik und die Erhaltung der langfristigen Stabilität (Bell et al. 1986).

Daher stellt sich als Ziel der kombinierten kieferorthopädisch-chirurgischen Behandlung nicht nur die Fehlbildungen der Kiefer zu korrigieren und die bestehenden Anomalien zu

## Einleitung

beseitigen, die Harmonie und das Gleichgewicht im Kausystem zu erreichen sowie die funktionelle und ästhetische Situation zu verbessern, sondern auch die Behandlungsergebnisse und die neue korrekte Position aufrechtzuerhalten und Rezidive langfristig zu verhindern.

Um befriedigende Ergebnisse nach einer Unterkiefervorverlagerung zu erhalten, sind die richtige Diagnose und eine umfassende interdisziplinäre Planung von großer Bedeutung. Hierbei entsteht die Notwendigkeit, die Beschwerden und Wünsche jedes Patienten individuell zu berücksichtigen und über Behandlungsdauer und perioperative Unannehmlichkeiten zu informieren.

Darüber hinaus spielen die Auswahl der Technik des chirurgischen Verfahrens und der Zeitpunkt eine bedeutende Rolle. Die Distractionsosteogenese hat den Vorteil der Anwendung im Wachstumsalter. Für die Auswahl des Operationsverfahrens ist der funktionelle Aspekt der Rigidität der suprahyoidalen Muskulatur entscheidend (Hoffmeister 2006). Hier wird der Patient unter Reklination des Kopfes aufgefordert, eine Kopfbissposition einzunehmen. Wenn er dies nicht vermag, wird die Indikation zur Vorverlagerung des Unterkiefers nicht durch sagittale Spaltung gestellt, sondern mit Hilfe der Distractionsosteogenese.

Nicht zu vergessen ist die bedeutende Rolle der prä- und postoperativen kieferorthopädischen Behandlung, um eine optimale Okklusion zu sichern und eine ideale Verzahnung zu garantieren, welche wiederum den Schlüssel zu einer langfristigen skelettalen Stabilität darstellt (Fuhrmann 2005).

Größere Sorgen bereitet von Beginn der Kieferchirurgie an die langfristige Stabilität der Anomalienkorrektur, weil sie sowohl in ästhetischer als auch in funktioneller Hinsicht direkt mit der postoperativen Stabilität in Zusammenhang stand (Hilbe et al. 1994).

Seit der routinemäßigen Durchführung bilateraler sagittaler Spaltosteotomien (BSSO) nach Obwegeser/Dal Pont erschienen in der Literatur mehrere Studien mit dem Ziel, die kurzfristige und die langfristige Stabilität dieses Verfahrens zu beurteilen (Epker et al. 1982; Abeloos et al. 1993; Hilbe et al. 1994; Hoffman et al. 1994; Borstlap et al. 2004c; Eggensperger et al. 2006; Frey et al. 2007; Proffit et al. 2007; Joss et al. 2008), die die Stabilität und ein Rezidiv beeinflussenden Faktoren zu ermitteln (Van Sickels et al. 1988; Will et al. 1989; Gassmann et al. 1990; Moore et al. 1991) und BSSO mit den anderen Verfahren zu vergleichen (Pangrazio-Kulbersh et al. 2001) bzw. die verschiedenen Fixationsmethoden miteinander zu vergleichen (Watzke et al. 1990; Keeling et al. 2000; Dolce et al. 2002; Stockmann et al. 2010) sowie Komplikationen,

## Einleitung

Zufriedenheit der Patienten, funktionelle und ästhetische Ergebnisse zu evaluieren (Finlay et al. 1995a; Westermarck et al. 1999; Chen et al. 2002; Bays et al. 2003; van den Braber et al. 2004; Oland et al. 2010).

Allerdings besteht ein Mangel an Studien und Untersuchungen über das Rezidiv nach zehn oder mehr Jahren (Joss et al. 2008). Außerdem ist die Mehrheit dieser Studien retrospektiv und die Zahl der Patienten, die für ein Follow-up zur Verfügung stehen, oft begrenzt (Dolce et al. 2002).

Aufgrund der relativ kurzen Geschichte der Distraktionsosteogenese in der orthognathen Chirurgie finden sich wenige Untersuchungen, die diese Technik mit der bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (BSSO) vergleichen. Obwohl viele Autoren von ihren Erfahrungen mit der Distraktionsosteogenese berichtet haben (Molina 2009; Wangerin 2010; McCarthy et al. 2000), gibt es nur sehr wenige Studien, die langfristige Ergebnisse der mandibulären Vorverlagerung durch Distraktionsosteogenese beurteilen oder mit der herkömmlichen Chirurgie vergleichen (Tucker et al. 2007; Vos et al. 2009; Wijbenga et al. 2009).

Die Frage darüber, ob die Distraktionsosteogenese eine vertretbare Alternative zur bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (BSSO) darstellt, bleibt weiterhin unklar (Tucker 2002).

Laut Ows und Cheungs Beitrag in einer Evidence-Based Review (2009) gibt es bisher keinen Stabilitätsvergleich zwischen den beiden Techniken zur Vorverlagerung des Unterkiefers zwischen 6 mm und 10 mm. Es liegt auch kein Vergleich der Inzidenz von Komplikationen zwischen BSSO und MDO vor (Ow et al. 2009). 2010 publizierten die beiden Autoren zwei randomisierte kontrollierte Studien, in denen sie die skelettale Stabilität der bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (BSSO) mit derjenigen der mandibulären Distraktionsosteogenese bei mittlerer mandibulärer Vorverlagerung verglichen. Darüber hinaus verglichen sie die jeweiligen Komplikationen und die Funktion des Nervus alveolaris inferior (Ow et al. 2010a; Ow et al. 2010b).

Da die Anwendung des „floating bone concepts“ in der Langzeitstabilität bis dato nicht nachuntersucht wurde, ist auch in der aktuellen Literatur keine vergleichbare Untersuchung zu finden. Für Patienten, die in unserer Abteilung nach dem „floating bone concept“ operativ behandelt wurden, sind Langzeitergebnisse nicht vorhanden. Daraus leitet sich das Ziel dieser retrospektiven Studie ab.

Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie ist es, langfristige Ergebnisse der Unterkiefervorverlagerung durch bilaterale enorale Unterkieferdistraction nach dem

## Einleitung

„floating bone concept“ mit bilateraler sagittaler Spaltosteotomie (BSSO) nach einer durchschnittlichen Dauer von zehn Jahren zu vergleichen.

Von großer Bedeutung in dieser Arbeit ist die Beurteilung der skelettalen Stabilität bzw. des Rezidivs. Darüber hinaus sind die Kaufunktion, die Kiefergelenkfunktion, Sensibilitätsstörungen, Ästhetik, Zufriedenheit und die subjektive Bewertung der Patienten zu betrachten.



## 2 Material und Methode

### 2.1 Auswahl der Patienten

In dieser retrospektiven Studie nahmen insgesamt 40 Patienten mit einem Distalbiss (Angle-Klasse II) bei mandibulärer Retrognathie teil. Alle Patienten hatten sich zwischen 1996 und 2000 am Campus Benjamin Franklin (CBF) der Charité – Universitätsmedizin Berlin einer Vorverlagerung des Unterkiefers durch bilaterale enorale Unterkieferdistraction nach dem „floating bone concept“ (20 Patienten) bzw. durch bilaterale sagittale Spaltosteotomie (20 Patienten) unterzogen, mit einem durchschnittlichen Follow-up von ca. zehn Jahren. Die Patienten wurden einbestellt und in einem späteren Anschreiben gebeten, einen Termin zur Nachuntersuchung in der kieferchirurgischen Ambulanz im Charité Campus Benjamin Franklin zu vereinbaren. Alle untersuchten Patienten hatten einen Distalbiss bei mandibulärer Retrognathie (Angle-Klasse II) in unterschiedlicher Ausprägung ohne Syndrome oder sonstige Fehlbildungen. Von denjenigen Patienten, deren Adressen nicht mehr aktuell waren, wurden die aktuellen Wohnsitze oder Namensänderungen mittels Melderegisterrecherche beim zuständigen Einwohnermeldeamt erfragt. Reagierten die Patienten auf mehrmaliges Anschreiben nicht, wurde versucht, sie telefonisch zu kontaktieren, mögliche terminliche Probleme zu beheben und sie für die Teilnahme an der Nachsorge zu motivieren. Die untersuchten Patienten wurden in zwei Gruppen unterteilt:

- |           |  |
|-----------|--|
| Gruppe 1: | bilaterale retromolare Distractionsosteogenese.                  |
| (n = 20)  | intraorale unidirektionale Distraktoren „floating bone concept“. |
| Gruppe 2: | bilaterale sagittale Unterkieferspaltosteotomie.                 |
| (n = 20)  | intraorale Miniplattenosteosynthese.                             |

## **2.2 Operationstechnik**

### **2.2.1 Bilaterale retromolare Distractionosteogenese**

Nach Narkoseeinleitung und Intubation wird im vestibulären Bereich der Unterkieferwinkel eine adrenalinhaltige Lokalanästhesielösung (Xylocain 1%ig/ Adrenalin 1 : 200.000) appliziert. Nach extraoraler Desinfektion und sterilem Abdecken wird enoral mit Braunol desinfiziert.

Es wird beidseits eine paramarginale Schnittführung vom Vorderrand des aufsteigenden Unterkieferastes winkelförmig im Trigonum retromolare verlaufend bis in die Prämolarenregion gesetzt, wobei die Schleimhaut mit dem Periost durchtrennt wird. Dann wird mit dem Raspatorium die bukkale Kortikalis des Unterkiefers dargestellt. Auch die linguale Kortikalis wird dargestellt. Nun wird ein Distraktor eingepasst und vorübergehend in die gewünschte Position gebracht. Bei den für den horizontalen Ast des Unterkiefers (Abbildung 2-1) verwendeten Distraktoren handelt es sich um die horizontalen unidirektionalen Titan-Distraktoren der Firma Gebrüder Martin GmbH & Co. KG aus Tuttlingen. Abhängig von der erforderlichen Distraction stehen drei Strecken von 10, 15 und 20 mm zur Verfügung. Besonders hier ist darauf zu achten, das Gefäß-Nervenbündel am Foramen mentale sorgfältig freizupräparieren, den Nerv zu mobilisieren und ventral zu verlagern, um dessen Verletzung durch den Distraktor zu vermeiden. Der Distraktor wird so adaptiert, dass die Längsachse des Distraktors möglichst parallel zur Okklusionsebene liegt. Dann wird dieser Distraktor mit zwei Schrauben jeweils distal und ventral der mutmaßlichen Osteotomielinie fixiert, darüber hinaus werden zwei weitere Bohrungen angebracht, dann wird der Distraktor entfernt. Mit der oszillierenden Säge werden die bukkale und die linguale Kortikalis des Unterkiefers durchtrennt. Schließlich wird die Osteotomie mit dem Meißel durchgeführt, um eine sichere Kontinuitätsunterbrechung zu gewährleisten und die beiden Fragmente gut gegeneinander verschieblich zu machen. Spiegelbildlich wird auf der Gegenseite verfahren. Jeder der einzelnen Operationsschnitte wird gleichzeitig durchgeführt. Nun wird der Distraktor wieder in den ursprünglichen Bohrlöchern fixiert, die beiden äußeren Schrauben werden ebenfalls angebracht. Darüber hinaus wird eine dritte Bohrung an jeder Seite angebracht und ebenfalls eine Schraube gesetzt. Die Distraktoren sind 1 mm distrahert, um eine Bruchspaltebreite auszugleichen. Nachdem beide Distraktoren in der gewünschten Position angebracht sind, wird noch einmal die Gängigkeit der

## Material und Methode

Gewinde überprüft. Daran anschließend erfolgt der Wundverschluss mit Einzelknopfnahnt oder Rückstichnähten (Abbildung 2-2).

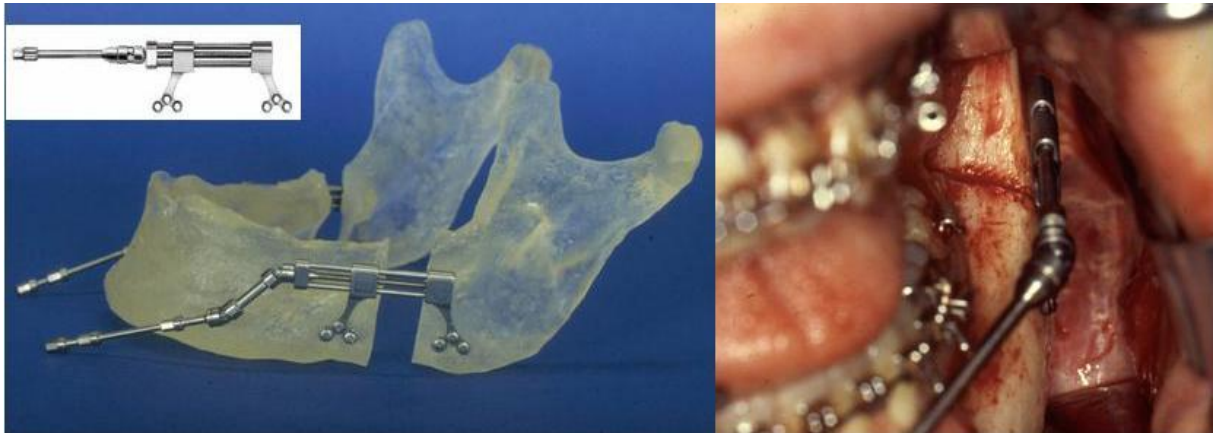


Abb. 2-1 Horizontaler unidirektionaler Distraktor der Firma Martin für den horizontalen Ast des Unterkiefers.

Material und Methode

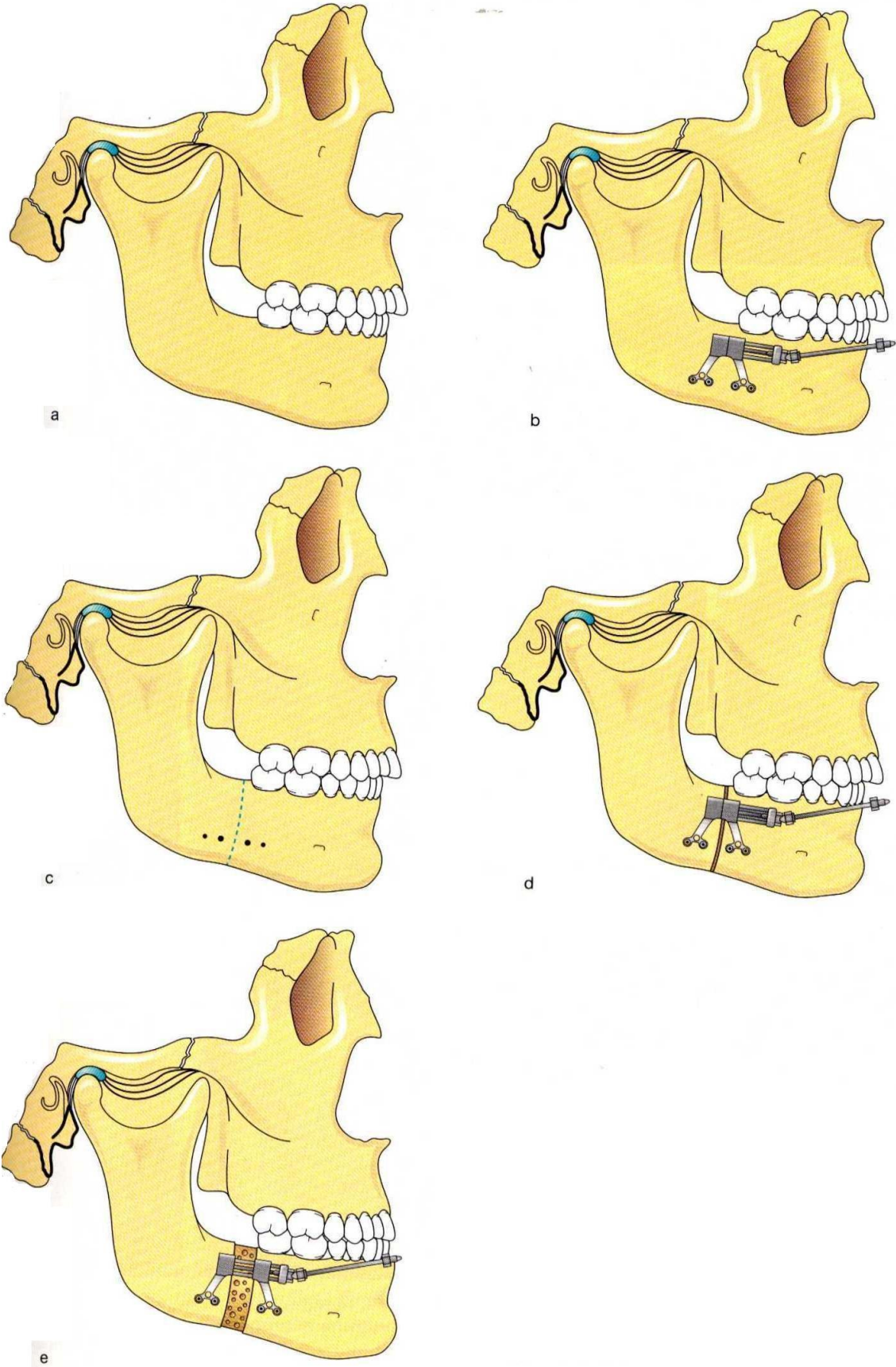


Abb. 2-2 Schematische Darstellung der Distractionsosteogenese des horizontalen Unterkieferastes (Hoffmeister 2006).

### **2.2.2 Distraktionsprotokoll und Distraktorentfernung**

Nach der Fixation des Distraktors beginnt die Distraktion drei Tage danach mit täglicher Aktivierung des Distraktors (0,5 – 1 mm pro Tag) bis zum Erreichen der gewünschten Distanz.

Im Gegensatz zur konventionellen Technik der Distraktionsosteogenese, bei der der Distraktor in der Regel nach drei Monaten entfernt wird, wird der Distraktor hier drei Wochen nach dem Distraktionsende (Retentionszeit) entfernt. Nach Distraktorentnahme ist eine geringe Kalluskontraktion zu beobachten, die durch die Überkorrektur des Distalbisses bis zum Kopf- oder sogar Mesialbiss ausgeglichen werden kann. Mit Hilfe der Gummizüge erfolgt die Umformung des neugebildeten Kallus, und der Unterkiefer kann in die richtige Okklusion gebracht werden (siehe das „floating bone concept“ S. 20).

### **2.2.3 Bilaterale sagittale Spaltosteotomie nach Obwegeser/Dal Pont**

Nach Narkoseeinleitung und Intubation wird im vestibulären Bereich der Unterkieferwinkel eine adrenalinhaltige Lokalanästhesielösung (Xylocain 1%ig / Adrenalin 1 : 200.000) appliziert. Nach extraoraler Desinfektion und sterilem Abdecken wird enoral mit Braunol desinfiziert.

Es wird eine paramarginale Schnitfführung von der Prämolarenregion verlaufend in die Fossa Retromolares winkelförmig weiterlaufend bis zur bukkalen Seite des aufsteigenden Astes gesetzt. Dann erfolgen die Präparation eines Mukoperiostallappens und die Darstellung des Unterkiefers bukkal sowie die Lösung der Muskulatur vom Unterkieferrand bzw. die vorsichtige Darstellung der lingualen Seite des Unterkiefers mit der Incisura semilunares unter Schonung des Nervus alveolares inferior. Im Bereich der Crista Zygomatico-alveolaris wird der Knochen freigelegt, um später die Positionierungsplatten befestigen zu können. Die Positionierungsplatten müssen spannungsfrei anliegen und sorgfältig adaptiert werden, so dass nach Osteosynthese keine Rückstellkräfte innerhalb der Platte auftreten können. Jetzt wird der erste Splint (Zentrik-Splint) zuerst im Oberkiefer eingesetzt, dann wird die intermaxilläre Immobilisation über Drahtligaturen und Gummizüge erreicht. In dieser Position befinden sich die aufsteigenden Unterkieferäste in der ursprünglichen Condylenposition. Im Anschluss erfolgt das Anzeichnen der Osteotomielinien zunächst am aufsteigenden Ast lingual in der Mitte zwischen Incisura semilunares und der Lingula mit einer birnenförmigen Fräse, wobei lediglich die Kortikalis geschwächt und

## Material und Methode

die Parallelität zur Okklusionsebene eingehalten wird. Unter dem Schutz des Nervus alveolaris inferior an seiner Eintrittsstelle an der Lingula mit einem speziellen Haken wird die linguale Kortikalis oberhalb des Foramen mandibulare mittels einer langen Lindermann-Fräse oder einer oszillierenden Säge osteotomiert. Die Durchtrennung der bukkalen Kortikalis wird senkrecht dorsal der zweiten Molaren bis zum Unterkiefer-Unterrand vorgenommen. Die Verbindung der beiden Osteotomielinien erfolgt entlang der Linea obliqua mittels einer oszillierenden Säge. Spiegelbildlich wird auf der Gegenseite verfahren, die Spaltung des Unterkiefers erfolgt rechtsseitig in der vorbestimmten Richtung durch vorsichtiges Vorantreiben und kontrollierte Bewegungen mit zwei Meißeln. Hier ist besonders darauf zu achten, den Nervus alveolaris inferior zu schützen und nicht zu verletzen oder sogar zu trennen. Nach bilateraler Spaltung des Unterkiefers entstehen drei Fragmente: zwei gelenktragende Segmente und ein zahntragendes Fragment. Während das zahntragende Fragment in allen drei Ebenen des Raumes verschoben werden kann, soll die Lage der gelenktragenden Fragmente nicht verändert werden, um die Condylenposition in der Gelenkgrube (Fossa mandibularis) festzuhalten. Nun wird das zahntragende Fragment in die präoperativ geplante Zielokklusion durch den zweiten Operationssplint verschoben und über diesen die intermaxilläre Immobilisation hervorgerufen. Durch das erneute Einsetzen der Positionierungsplatten wird das Kiefergelenk in die ursprüngliche Position reponiert und gehalten. Dann wird auf der jeweiligen Seite eine Osteosyntheseplatte eingebracht. Nun erst werden die Positionierungsplatten wieder entfernt und schließlich wird die intermaxilläre Immobilisation aufgehoben. Nach Einlegen von zwei Redon-Drainagen wird die Wunde mittels Nähten verschlossen. Anschließend wird der letzte Splint mit zwei Drahtligaturen am Oberkiefer fixiert, der der okklusalen Führung des operierten Unterkiefers dient (Abbildung 2-3).

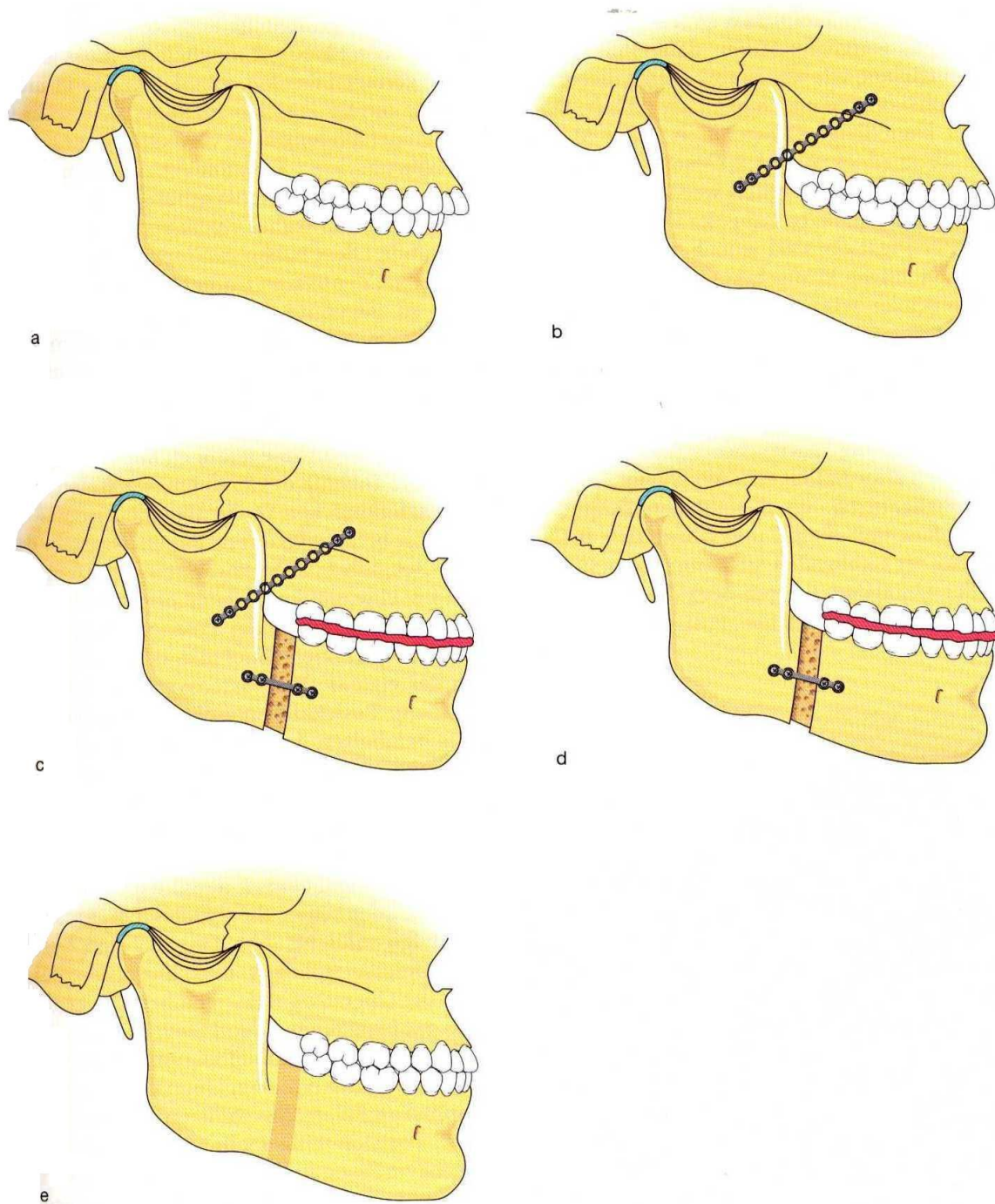


Abb. 2-3 Schematische Darstellung der Vorverlagerung des Unterkiefers nach sagittaler Spaltung nach Obwegeser/Dal Pont (Hoffmeister 2006).

#### 2.2.4 Osteosynthese Materialentfernung

An der Klinik für Kieferchirurgie und Plastische Gesichtschirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité – Universitätsmedizin Berlin wird, obwohl es nicht obligatorisch ist, empfohlen, das Osteosynthesematerial im Oberkiefer nach zwölf und im Unterkiefer nach sechs Monaten zu entfernen, um spätere mögliche Schädigungen des

Organismus bzw. mögliche Komplikationen wie Infektionen oder das Durchwachsen des Knochens über die Materialien, was das Entfernen erschweren würde, zu vermeiden.

### **2.3 Subjektive Bewertung**

Bei der Untersuchung konnten die Patienten durch einen Fragebogen den langfristigen Erfolg der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung bewerten. Die Patienten konnten den Fragebogen mit Hilfe des Untersuchers, der ihnen, ohne sie zu beeinflussen, unklare Fragen beantwortete, ausfüllen. Zuerst nach Daten die eigene Person betreffend befragt, dann nach vorausgegangenen kieferorthopädischen Behandlungen, sollten die Patienten beurteilen, ob die Behandlung ihre Wünsche und Erwartungen hinsichtlich Ästhetik und Funktion des stomatognathen Systems und der Sensibilität langfristig erfüllte und welche Nebenwirkungen oder Beschwerden im Lauf der Zeit aufgetreten waren.

Von großer Bedeutung war die Frage, ob die Patienten mit dem Ergebnis zufrieden seien und was ihres Erachtens anders bzw. besser hätte verlaufen können. Anschließend wurde gefragt, ob die Patienten diese Operation noch einmal durchführen lassen würden. Im Detail können die Fragen im Fragebogen (siehe Anhang 1) nachgelesen werden.

### **2.4 Die klinische Untersuchung**

#### **2.4.1 Kiefergelenk**

Die Untersuchung der Kiefergelenke umfasst die präaurikuläre Druckdolenz und die Unterkiefermobilität. Dabei wurden der maximale Interinzisalabstand ausgemessen (Schneidekantendistanz: SKD) sowie das Ausmaß der maximalen Protrusion und das der maximalen Laterotrusion nach links und nach rechts.

Diese Punkte wurden in Anlehnung an den klinischen Dysfunktionsindex nach Helkimo evaluiert (Helkimo 1974). (siehe Anhang 2)

#### **2.4.2 Innervationsstörung der Unterlippe**

Da die Sensibilitätsstörung die häufigste Komplikation nach der chirurgischen Vorverlagerung des Unterkiefers darstellt, ist die Auswertung von Sensibilitätsstörungen der Unterlippe von besonderer Bedeutung. Um die Sensibilitätsstörung klinisch zu beurteilen und mit einer subjektiven Bewertung vergleichen zu können, wurden ca. 10 mm kaudal des Unterlippenrotes und 10 mm lateral der Medianebene beidseits die folgenden Untersuchungen vorgenommen (siehe Anhang 2):



### 2.4.2.1 Thermosensibilitätstest

Der Thermosensibilitätstest wurde mittels eines ca. -40 °C kalten Kältesprays (HS-Kältespray, Endo Coldspray) in den Hautarealen der Unterlippe und der Kinnregion ca. 1 cm kaudal der Unterlippe beidseits vorgenommen.

### 2.4.2.2 Spitz-Stumpf-Diskrimination

Während der „stumpf“-Test durch die Berührung der Unterlippe und der Kinnregion beidseits mit der Rückseite eines Watteträgers vorgenommen wurde, erfolgte der „spitz“-Test mit einer zahnärztlichen Sonde.

### 2.4.2.3 Zwei-Punkt-Diskrimination

Die Zwei-Punkt-Diskrimination beschreibt die Fähigkeit der Patienten, zwei taktile Reize räumlich voneinander unterscheiden zu können. Sie stellt die einzige Methode dar, die ein quantifizierbares Testergebnis liefert. Diese Fähigkeit wurde mittels eines Zwei-Punkt-Diskriminatorstern nach Greulich getestet (Abbildung 3-4), wobei der Diskriminatorstern verschiedene Abstände (zwischen 25 und 2 mm) hat.

Die Spitzen des Zwei-Punkt-Diskriminatorsterns berührten die Haut des Patienten gleichzeitig in horizontaler Richtung und mit leichtem Druck, während der Patient die Augen geschlossen hielt. Bei jeder einzelnen Berührung wurde der Patient gefragt, wie viele Punkte er spüren könne. Es wurde mit dem Abstand 20 mm angefangen, absteigend bis zu dem Moment, in dem der Patient die Berührung nicht mehr als von zwei Spitzen verursacht wahrnehmen konnte. Der minimale Abstand, den Patienten wahrnehmen konnten, wurde in Millimeterangaben notiert.

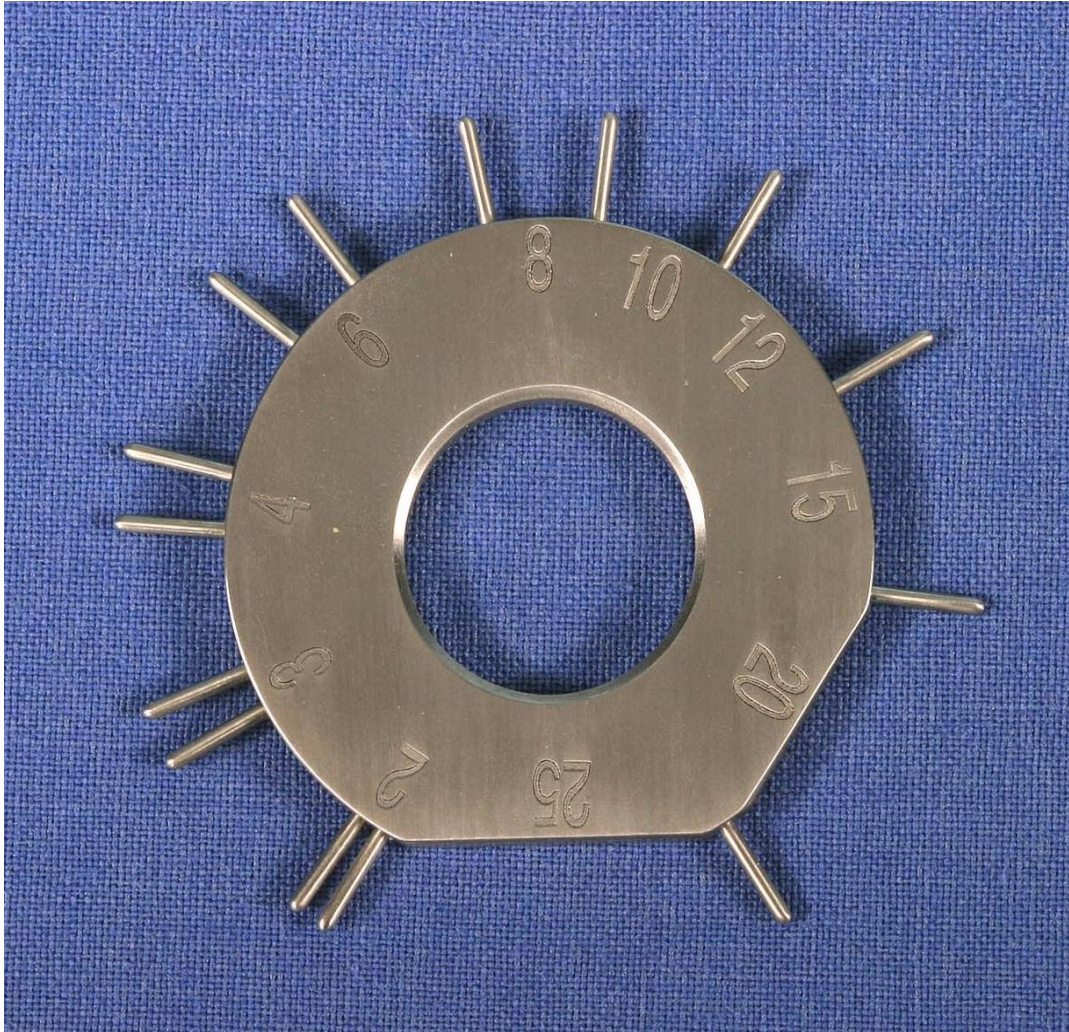


Abb. 2-4 Greulich-Stern der Firma Link GmbH und Co, Hamburg.

Die Sensibilität der Unterlippe wurde für beide Seiten untersucht. Um klarer Darstellungen der Ergebnisse zu erreichen, wurde der gepaarte t-Test bzw. die gepaarte non-parametrische Analyse verwendet, um festzustellen, ob bei der Untersuchung der Sensibilitätsstörungen Unterschiede zwischen der linken und der rechten Unterlippenseite vorliegen.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der linken und der rechten Seite der Unterlippe für alle Untersuchungen in beiden Gruppen gefunden ( $p > 0,05$ ). In Anlehnung an die Untersuchung der Thermosensibilität und an den Spitz-Stumpf-Test wurden die negativeren Werte beider Seiten festgehalten.

Bezüglich der Zwei-Punkt-Diskrimination wurden die Messwerte gemittelt und die Mittelwerte für Datenanalysen verwendet.

## 2.5 Zephalometrische Auswertung

Die zephalometrische Auswertung stellte ein bedeutendes diagnostisches Verfahren sowohl für die Planung der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung der Dysgnathien als auch für die Beurteilung der skelettalen und dentalen Stabilität und Veränderung der Kieferbasis dar.

In der Ambulanz der Klinik für Kieferchirurgie und Plastische Gesichtschirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité – Universitätsmedizin Berlin wurde allen Dysgnathiepatienten angeboten, sich nach dem Ende der Behandlung einer langfristigen Kontrolle zu unterziehen. Sie sollten in größeren zeitlichen Abständen regelmäßig einbestellt und reevaluiert werden. Ziele sind die Beobachtung der Behandlungsergebnisse und das frühzeitige Erkennen bzw. die Beseitigung der sich anbahnenden Beschwerden und Störungen. Dies bedingt die Kooperation seitens der Patienten.

Im Rahmen dieser Nachkontrolle wurden Röntgenbilder und Fotos angefertigt.

Für die an dieser Studie teilnehmenden Patienten wurde ein Fernröntgenseitenbild (FRS) angefertigt. Zum Zeitpunkt der letzten Aufnahme lag die Operation bereits mindestens acht Jahre, maximal 13 Jahre zurück.

Alle verfügbaren FRS-Aufnahmen der Patienten wurden aus dem Archiv des Campus Benjamin Franklin bestellt. Nicht von allen Patienten konnte ein präoperatives und postoperatives FRS ermittelt werden, doch konnten die fehlenden Röntgenbilder freundlicherweise durch den mitbehandelnden Kieferorthopäden und die Zahnärzte zur Verfügung gestellt werden

So wurden für jeden Patienten insgesamt drei Fernröntgenseitenbilder für die zephalometrische Auswertung herangezogen:

**T1:** präoperatives FRS (einen Monat bis einen Tag vor der Operation)

**T2:** postoperatives FRS (bei der Materialentfernung [BSSO Patienten] oder nach dem Ende der kieferorthopädischen Nachbehandlung) nach frühestens sechs und spätestens 18 Monaten

**T3:** im Rahmen der Nachuntersuchung der Patienten (acht bis elf Jahre post-operativ)

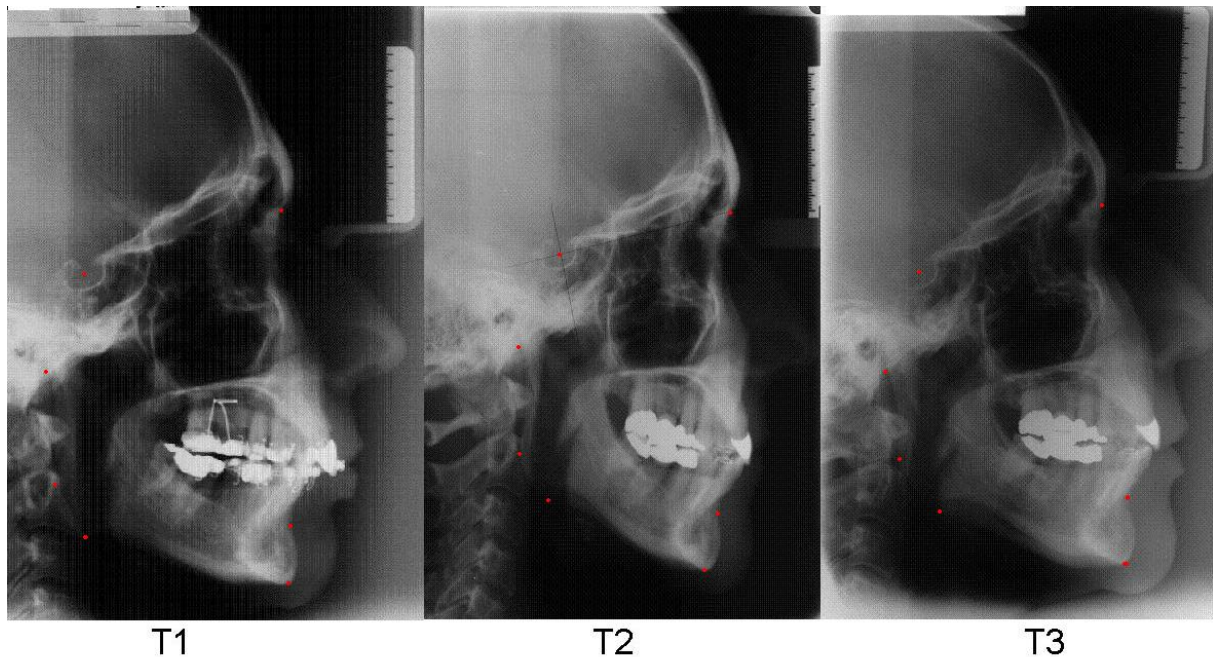


Abb. 2-5 Die verwendeten Fernröntgenseitenbilder für die zephalometrische Auswertung (Pat.-Nr: 5).

(T1: präoperativ, T2: postoperativ, T3: bei der Nachuntersuchung)

Die Auswertung und Analyse der Röntgenbilder erfolgte mit Hilfe der Dolphin Imaging Software (Version 10) der Firma Dolphin Imaging & Management Solutions & Patterson Technology Company (USA).

Anhand des bei den Röntgenaufnahmen genutzten Lineales konnte der Vergrößerungsfaktor für jedes Bild individuell ermittelt und das Bild kalibriert werden; so konnten die tatsächlichen, nicht vergrößerten linearen Messergebnisse ermittelt werden.

Das Programm erlaubt weiterhin, die Überlagerung zweier durch Analysen vermessener Röntgenbilder zu vergleichen. Darüber hinaus ist es möglich, verschiedene zephalometrische Analysen zu nutzen, abhängig von den Winkeln und Strecken, die ermittelt werden sollen. In dieser Studie wurde die zephalometrische Analyse nach Jarabak angewendet. Dadurch konnten alle erforderlichen Winkel bestimmt werden.

Basierend auf stabilen skelettalen Referenzpunkten (Sella, Nasion), die sich durch die Operation nicht veränderten, wurde ein XY-Koordinatensystem konstruiert.

Die horizontale X-Achse entspricht der Linie SN1, die durch die Sella (S) 7° von der Sella-Nasion-Linie (SN) nach unten rotiert und die im Koordinatensystem eingezeichnet ist. Die Y-Achse entspricht einer Senkrechten zur X-Achse in Punkt S. Mittels dieses

## Material und Methode

Koordinatensystems ist es möglich, die sagittalen und vertikalen Veränderungen des B-Punktes metrisch zu ermitteln. Im Dolphin-Programm konnten alle Bilder in der gewünschten horizontalen Ebene dargestellt werden, um die Genauigkeit der Messungen der sagittalen und vertikalen Abstände zwischen dem S-Punkt und dem B-Punkt zu garantieren.

Im Programm sind die Referenzpunkte definiert, was dem Untersucher half, die richtige Position jedes Punktes zu erkennen und durchzuzeichnen. Zur Beurteilung der skelettalen Strukturen wurden die folgenden Referenzpunkte und -linien genutzt: (Tabelle 2-1, Tabelle 2-2)

### 2.5.1 Referenzpunkte

| Referenzpunkt                      | Abkürzung   | Definition  |
|------------------------------------|-------------|---|
| Nasion                             | <b>N</b>    | Der anteriorste Punkt der Sutura nasofrontalis  |
| Sella                              | <b>S</b>    | Der Mittelpunkt der Sella turcica   |
| B-Punkt                            | <b>B</b>    | Die tiefste Einziehung der vorderen Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes                                     |
| Artikuläre                         | <b>Ar</b>   | Der Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae                   |
| Hintere Ramustangente (Rtgh-Punkt) | <b>Rtgh</b> | Hinterster Punkt des Processus angularis, Tangentenpunkt vom Articulare an den Hinterrand des aufsteigenden Astes |
| Gonion                             | <b>Go</b>   | Der Schnittpunkt der Ramuslinie mit der Mandibularebene (Unterkieferwinkel)                                       |
| Menton                             | <b>Me</b>   | Der kaudalste Punkt der Unterkiefersymphyse   |

Tab. 2-1 Die verwendeten knöchernen Referenzpunkte.

## 2.5.2 Referenzlinien

| Referenzlinie  | Abkürzung      | Definition  |
|--|----------------|---|
| Sella-Nasion   | <b>SN</b>      | Verbindungsline zwischen S- und N-Punkten   |
| Artikulare: hinterster Punkt des Processus angularis | <b>Ar-Rtgh</b> | Eine Tangente vom Artikulare an den Hinterrand des aufsteigenden Astes                          |
| Nasion-B-Punkt                                       | <b>NB</b>      | Verbindungsline zwischen N- und B-Punkten   |
| Mandibularebene                                      | <b>ML</b>      | Verbindungsline zwischen den Punkten Go und Me  |
| SN1(X-Achse)   | <b>X</b>       | Eingezeichnete Linie, die durch die Sella (S) 7° von der Sella-Nasion (SN) (nach unten) rotiert |
| Y-Achse  | <b>Y</b>       | eine Senkrechte zur X-Achse in Punkt S  |

Tab. 2-2 Die verwendeten Referenzlinien.

- Zur Ermittlung der sagittalen und vertikalen B-Punkt-Positionsveränderungen wurden die Strecken SBH, SBV gemessen.
- Zur Beurteilung der Positionsveränderungen des aufsteigenden Astes wurde der Winkel SN/Ar- Rtgh ermittelt.
- Zur Bestimmung der Lage des Unterkiefers in der sagittalen Ebene wurde der Sella-Nasion-B-Punkt (SNB) ermittelt.
- Die Mandibularebene wurde durch den Winkel SN/ML bestimmt .

Die gemessenen Winkel und Strecken wurden in der Tabelle dargestellt (Tabelle 2-3).

| <b>Gemessene Winkel oder lineare Strecken</b> | <b>Definition</b>  | <b>Klinische Relevanz</b>  |
|---|--|--|
| SNB   | Der Winkel zwischen den SN- und NB-Linien                | Hinweis auf die sagittale Position des Unterkiefers                            |
| SN/Ar-Rtgh                                    | Der Winkel zwischen SN- und Ar-Rtgh-Linien               | Hinweis auf die Positionsveränderung des aufsteigenden Astes                   |
| ML/SNL  | Der Winkel zwischen der SN-Linie und der Mandibularebene | Hinweis auf die Neigung der Mandibula hinsichtlich der anterioren Schädelbasis |
| SBH   | Sagittaler Abstand zwischen S- und B-Punkten             | Sagittale Positionsveränderung des B-Punktes                                   |
| SBV   | Vertikaler Abstand zwischen S- und B-Punkten             | Vertikale Positionsveränderung des B-Punktes                                   |

Tab. 2-3 Gemessene Winkel oder lineare Strecken.

Die oben genannten Winkel und Strecken wurden in allen drei FRS-Bildern jedes Patienten ermittelt, gemessen und miteinander verglichen.

Zur Beurteilung der Langzeitstabilität wurden die FRS-Bilder, die postoperativ angefertigt wurden (T2), mit den Bildern der letzten Nachuntersuchung (T3) metrisch verglichen (Abbildungen 2-6, 2-7).

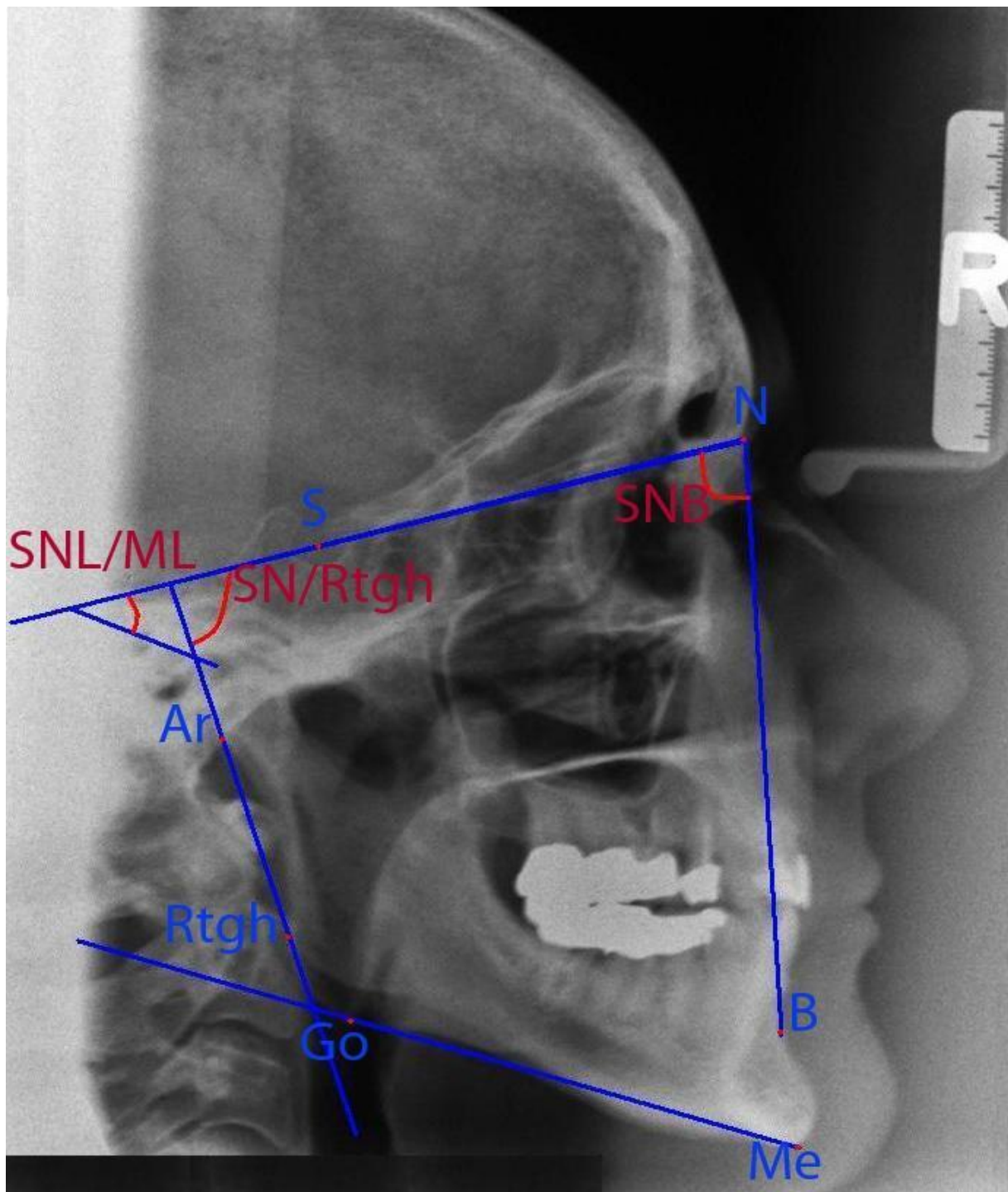


Abb. 2-6 Die verwendeten Winkel zur Beurteilung der Positionsveränderungen des aufsteigenden Astes, zur Bestimmung der Lage des Unterkiefers in der sagittalen Ebene, und der Mandibularebene.

*N: Nasion, S: Sella, B: B-Punkt, Ar: Artikulare, Rtgh: hintere Ramustangente, GO: Gonion, Me: Menton*

*SNB: Der Winkel zwischen den SN- und NB-Linien*

*SN/Ar-Rtgh: Der Winkel zwischen SN- und Ar-Rtgh-Linien*

*ML/SNL: Der Winkel zwischen der SN-Linie und der Mandibularebene (Me-Go).*



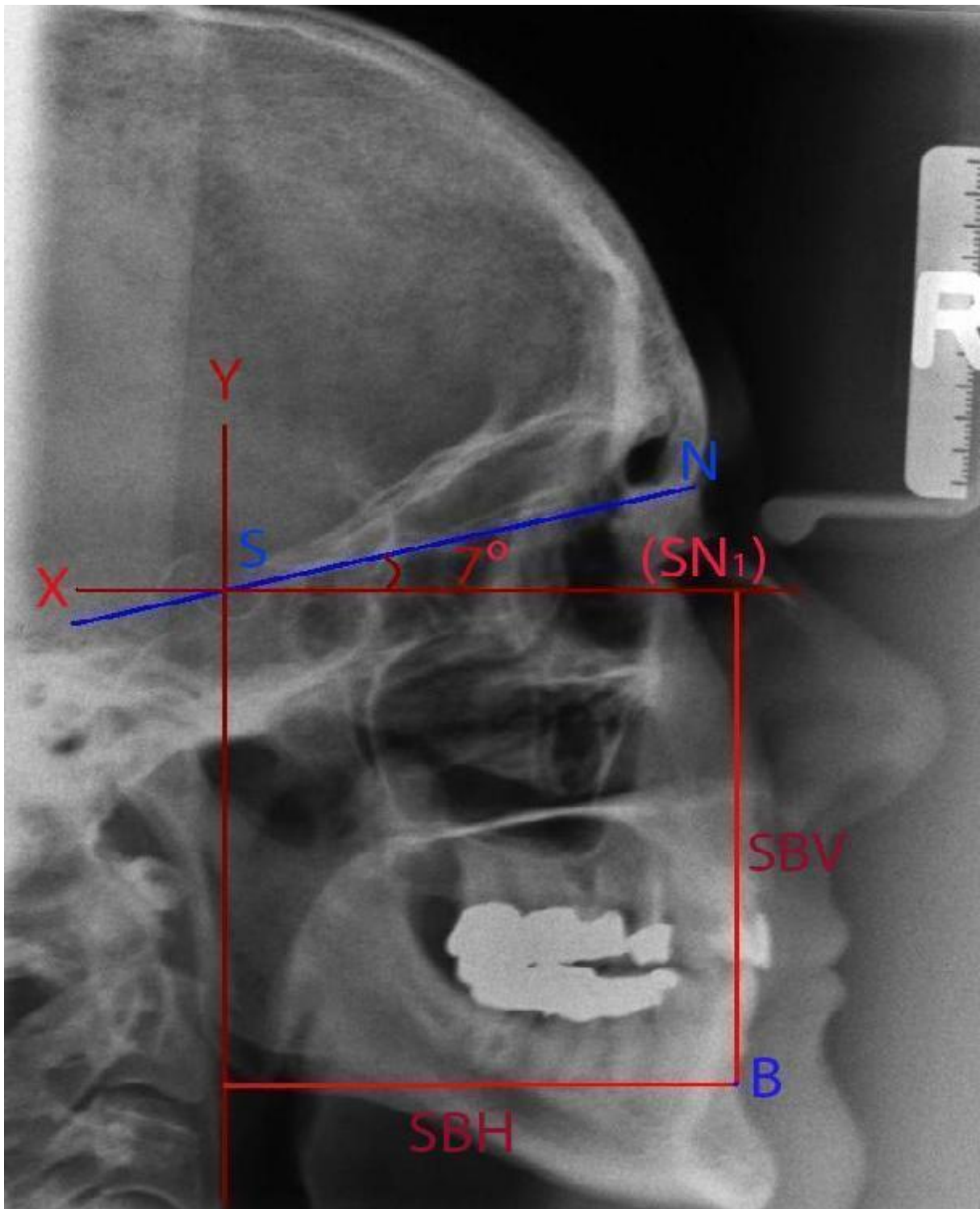


Abb. 2-7 Die verwendeten Strecken zur Ermittlung der sagittalen und vertikalen B-Punkt-Positionsveränderungen.

*N: Nasion, S: Sella, B: B-Punkt, SN: Verbindungslinie zwischen S- und N-Punkten  
X-Achse (SN1): die Linie, die durch Sella (S) 7° von der SN-Linie) nach unten rotiert  
Y-Achse: entspricht einer Senkrechten zur X-Achse in Punkt S  
SBH: sagittaler Abstand zwischen S- und B-Punkten  
SBV: vertikaler Abstand zwischen S- und B-Punkten*

## 2.6 Statistische Auswertung und Methodenfehler

### 2.6.1 Statistische Analyse

Die statistische Datenanalyse erfolgte mit dem Programm SPSS für Windows 17.0. Ausgehend von der Überprüfung der Normalverteilung der Variablen durch den Kolmogrov-Smirnov-Test erfolgte der Vergleich zwischen den erhobenen Daten der beiden Gruppen durch den t-Test für die normalverteilten Variablen und durch den nichtparametrischen Test (Mann-Whitney-U-Test). Für die nicht normalverteilten Variablen wurde das Ergebnis als p-Wert angegeben. P-Werte < 0,05 wurden als statistisch signifikant gewertet.

Um zu überprüfen, ob ein möglicher Zusammenhang zwischen den Variablen besteht, wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson bestimmt.

### 2.6.2 Bestimmung des Methodenfehlers

Zur Ermittlung systematischer Fehler und des Methodenfehlers bei der zephalometrischen Analyse und der Festlegung der Messpunkte wurden 20 zufällig ausgewählte Röntgenbilder von insgesamt 120 Röntgenbildern mit einem Abstand von zwei Wochen erneut durchgezeichnet und ausgewertet. Es wurden einige systematische Fehler gefunden, wenn die Werte mit einem gepaarten t-Test evaluiert wurden. Der Methodenfehler (**MF**) wurde mittels der Dahlberg-Formel ermittelt (Dahlberg 1940):

$$MF = \sqrt{(\sum d^2 / 2n)}$$

*MF: Methodenfehler*

*d = Differenz zwischen den Doppelmessungen*

*n = Anzahl der untersuchten Probanden*

## Material und Methode

Die Ergebnisse der Methodenfehlerberechnungen aller Variablen sind in der Tabelle 2-4 dargestellt.

| <b>Variablen</b> | <b>Methodenfehler</b> |
|------------------|-----------------------|
| SNB              | 0,47°                 |
| SN/Ar Rtgh       | 0,39 °                |
| ML/SNL           | 0,32 °                |
| SBH              | 0,48 mm               |
| SBV              | 0,5 mm                |

Tab. 2-4 Methodenfehlerberechnungen

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der subjektiven Patientenbefragung und der objektiven klinischen Untersuchung wurden zum Erreichen einer besseren Darstellung zwischen subjektiver und objektiver Bewertung nacheinander dargestellt.

#### 3.1 Patientenkollektiv

In dieser retrospektiven Untersuchung wurden je 20 Patienten nach bilateraler DO und BSSO nachuntersucht, deren durchschnittliches Behandlungsende zehn Jahre zurücklag.

Von den je 20 Patienten waren in der DO-Gruppe 14 weiblich (70 %) und sechs männlich (30 %), in der BSSO-Gruppe fanden sich 15 weibliche (75 %) und fünf männliche (25 %) Patienten (Abbildung 3-1).

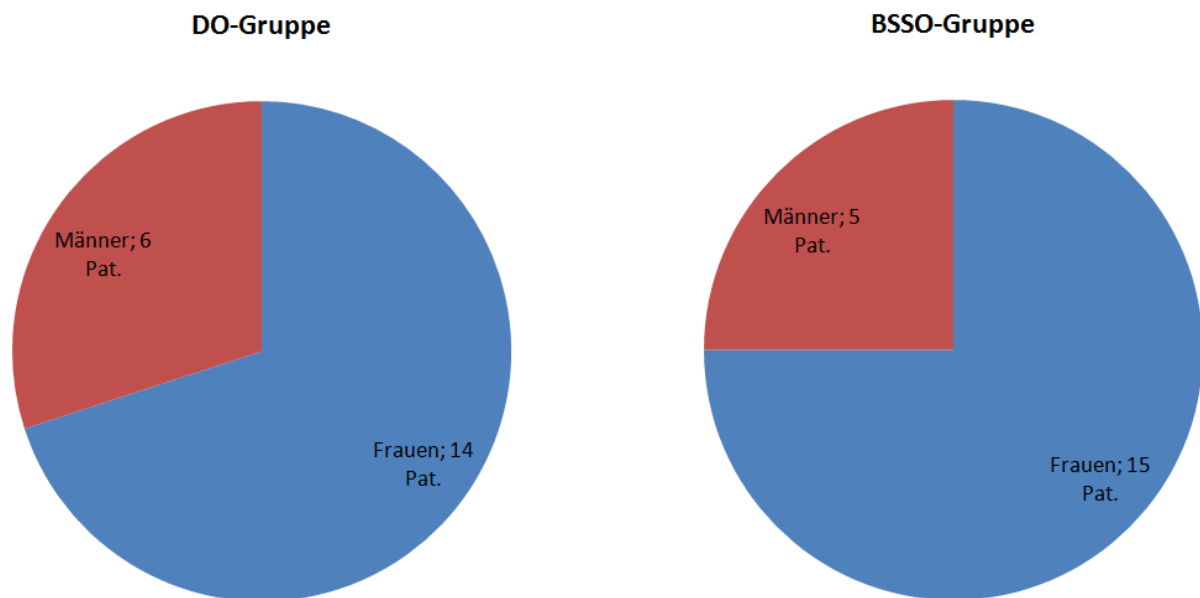


Abb. 3-1 Tortendiagramm der Geschlechterverteilung in der DO- und der BSSO-Gruppe.

Das Durchschnittsalter in der DO-Gruppe betrug zum Zeitpunkt der Operation 30,3 Jahre  $\pm$  9,99 Jahre, wobei die jüngste Patientin im Alter von 14 Jahren, die älteste mit 47 Jahren operiert wurde. Im Unterschied dazu lag das Durchschnittsalter in der BSSO-Gruppe zum Zeitpunkt der Operation bei 31,2 Jahren  $\pm$  8,25 Jahre, wobei die jüngste Patientin im Alter von 21 Jahren, die älteste mit 51 Jahren operiert wurde. Der Unterschied im Durchschnittsalter zwischen den beiden Gruppen betrug  $p > 0,05$  und fiel statistisch nicht signifikant aus (Abbildung 3-2).

## Ergebnisse

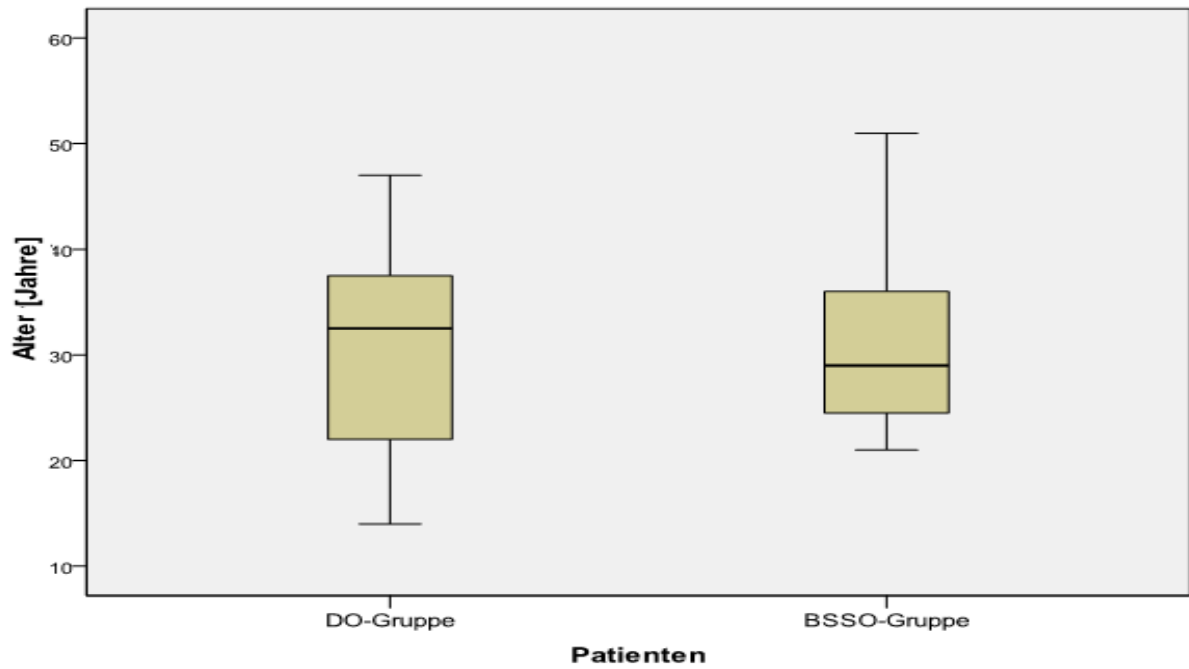


Abb. 3-2 Box-Plot-Graphik des durchschnittlichen Lebensalters der Patienten der DO- und der BSSO-Gruppe zum Zeitpunkt der Operation.

Der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchungszeitpunkt betrug für die DO-Gruppe 9,25 Jahre  $\pm$  1,11 Jahre und reichte von acht bis elf Jahren. Für die BSSO-Gruppe lag der durchschnittliche Nachbeobachtungszeitraum bei 10,8 Jahren  $\pm$  1,15 Jahren und reichte von neun bis 13 Jahren (Abbildung 3-3).

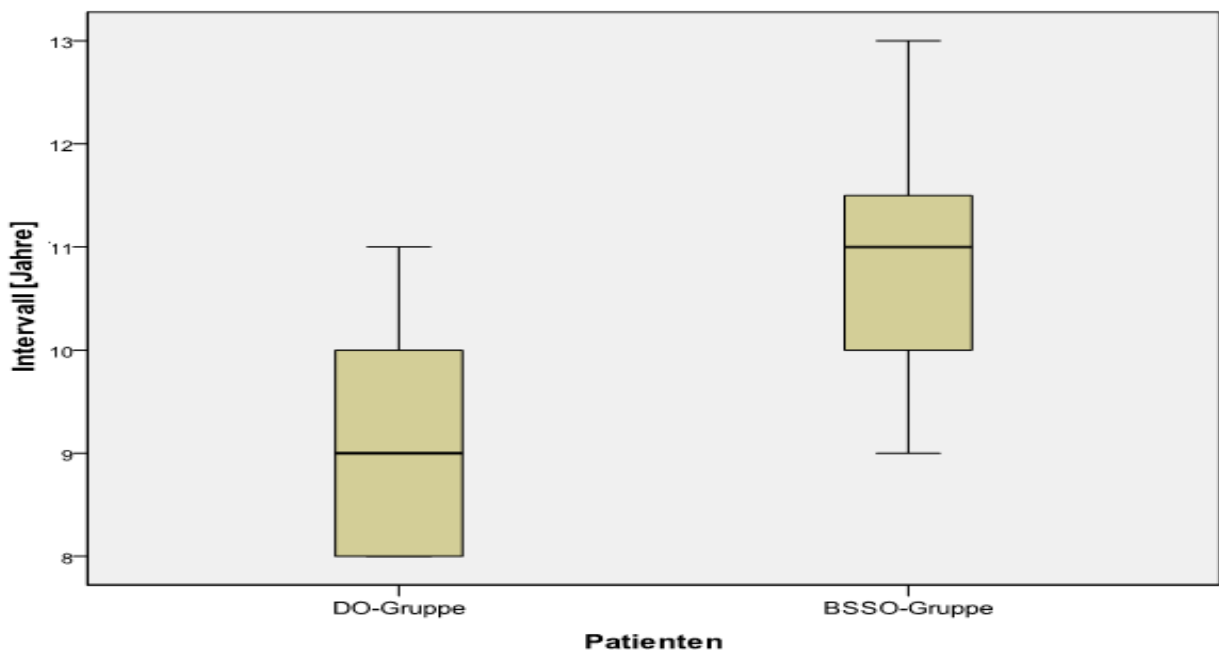


Abb. 3-3 Box-Plot-Graphik des durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraums zwischen Operation und Nachuntersuchung.

## Ergebnisse

In der DO-Gruppe war bei fünf Patienten zusätzlich zur bilateralen DO eine Le-Fort-I-Osteotomie zur Korrektur der Oberkieferposition erforderlich. Fünf Patienten unterzogen sich einer Genioplastik, bei zwei Patienten wurden eine Le-Fort-I-Osteotomie und eine Genioplastik durchgeführt. In der BSSO-Gruppe war bei einem Patienten eine Le-Fort-I-Osteotomie zur Korrektur der Oberkieferposition notwendig. Vier Patienten unterzogen sich einer Kinnplastik (Abbildung 3-4).

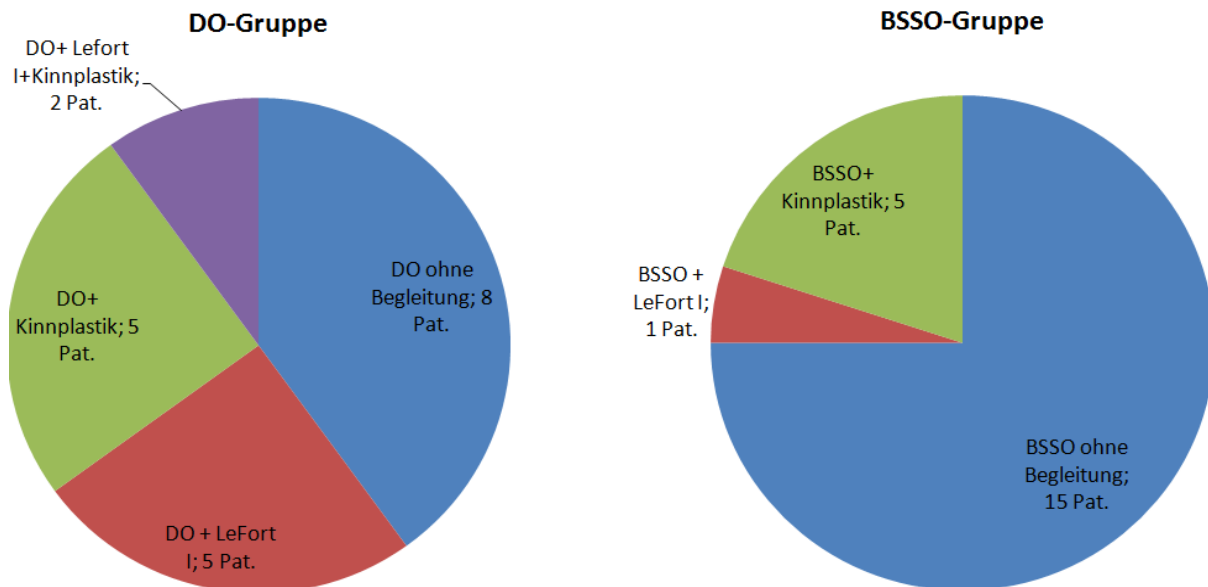


Abb. 3-4 Tortendiagramm mit Darstellung zusätzlicher operativer Prozeduren.

## 3.2 Ergebnisse der skelettalen Stabilität der Vorverlagerungsstrecke

### 3.2.1 Vorverlagerungsstrecke

Die durchschnittlich erreichte postoperative Vorverlagerungsstrecke des Unterkiefers im Rahmen der primären Operation wurde durch den präoperativen Ausgangswert (SBH1) und die Bestimmung der unmittelbar postoperativen horizontalen Bewegung (Vorverlagerung) des B-Punktes in der BSSO-Gruppe und in der DO-Gruppe nach Abschluss der Distraction ermittelt. Die durchschnittliche Vorverlagerungsstrecke betrug in der DO-Gruppe  $10,1 \text{ mm} \pm 2,1 \text{ mm}$  und reichte von  $4,8 \text{ mm}$  bis  $12,7 \text{ mm}$ . In der BSSO-Gruppe lag die durchschnittliche Vorverlagerungsstrecke bei  $6,5 \text{ mm} \pm 1,7 \text{ mm}$  und reichte von  $3,8 \text{ mm}$  bis  $11,1 \text{ mm}$  (Abbildung 4). Der Unterschied der durchschnittlichen Verlagerungsstrecke zwischen der DO- und BSSO-Gruppe war statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ) (Abbildung 3-5).

## Ergebnisse

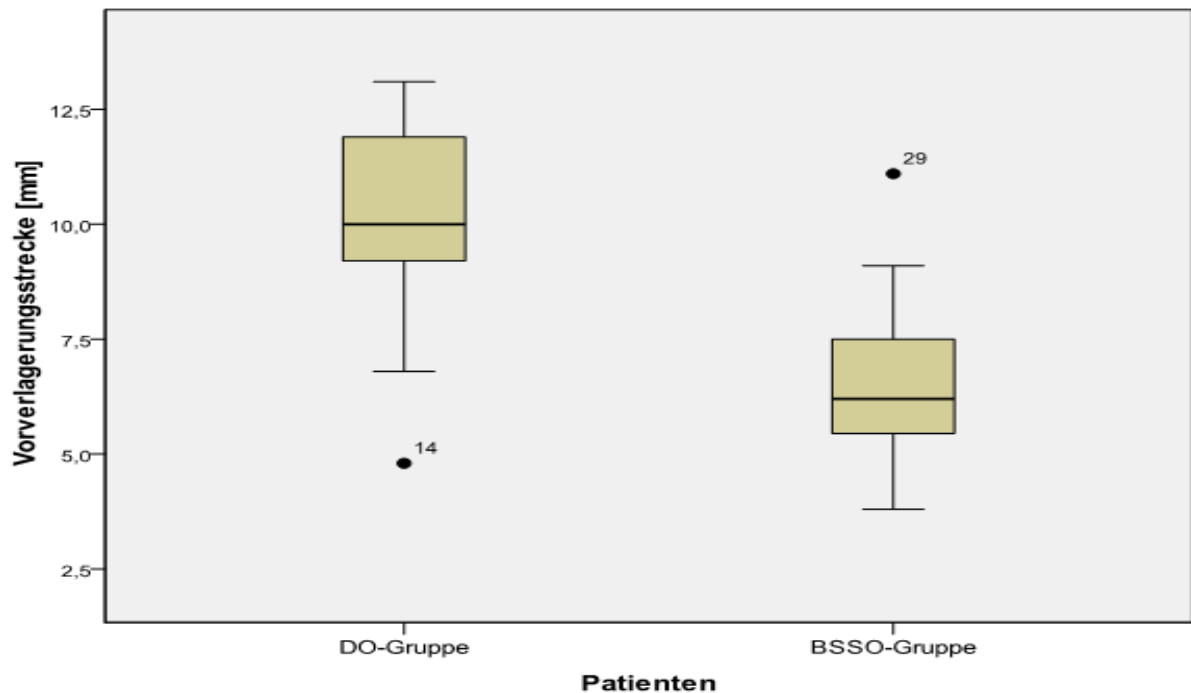


Abb. 3-5 Box-Plot-Graphik der durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke der Mandibula nach DO und BSSO.

Die durchschnittlich erreichte operative Vorverlagerungsstrecke (SBH2-SBH1) wurde durch den präoperativen Ausgangswert (SBH1) und die Bestimmung der horizontalen Bewegung des B-Punktes in der BSSO-Gruppe nach Materialentfernung und in der DO-Gruppe nach Abschluss der kieferorthopädischen Behandlung (SBH2) ermittelt. In der DO-Gruppe lag die durchschnittliche erreichte Vorverlagerungsstrecke bei  $9,6 \text{ mm} \pm 2,1 \text{ mm}$  und reichte von  $4,5 \text{ mm}$  bis  $12,4 \text{ mm}$ . In der BSSO-Gruppe betrug die durchschnittliche erreichte Vorverlagerungsstrecke  $6,3 \text{ mm} \pm 1,7 \text{ mm}$  und reichte von  $3,8 \text{ mm}$  bis  $10,8 \text{ mm}$ . Der Unterschied der durchschnittlichen erreichten Verlagerungsstrecke zwischen der DO- und BSSO-Gruppe war statistisch signifikant ( $p < 0,05$ ), (Abbildung 3-6).

## Ergebnisse

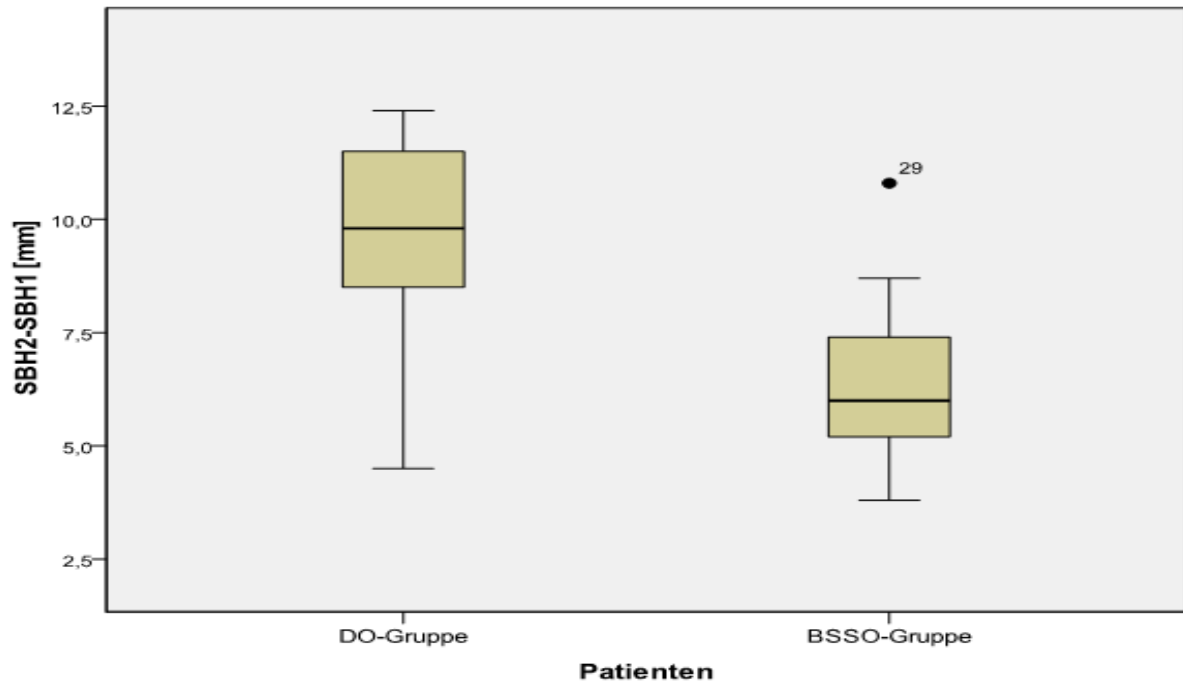


Abb. 3-6 Box-Plot-Graphik der durchschnittlich erreichten Vorverlagerungsstrecke der Mandibula (SBH2-SBH1) nach DO und BSSO.

*SBH1: präoperative horizontale Distanz zwischen S-Punkt und B-Punkt*

*SBH2: postoperative horizontale Distanz zwischen S-Punkt und B-Punkt*

### 3.2.2 Horizontale Bewegung des B-Punktes

Die horizontale Bewegung des B-Punktes wurde durch ein metrisches Koordinatensystem in der FRS-Analyse präoperativ, postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestimmt (Abbildung 3-7).



**B-Punkt horizontale Bewegung**

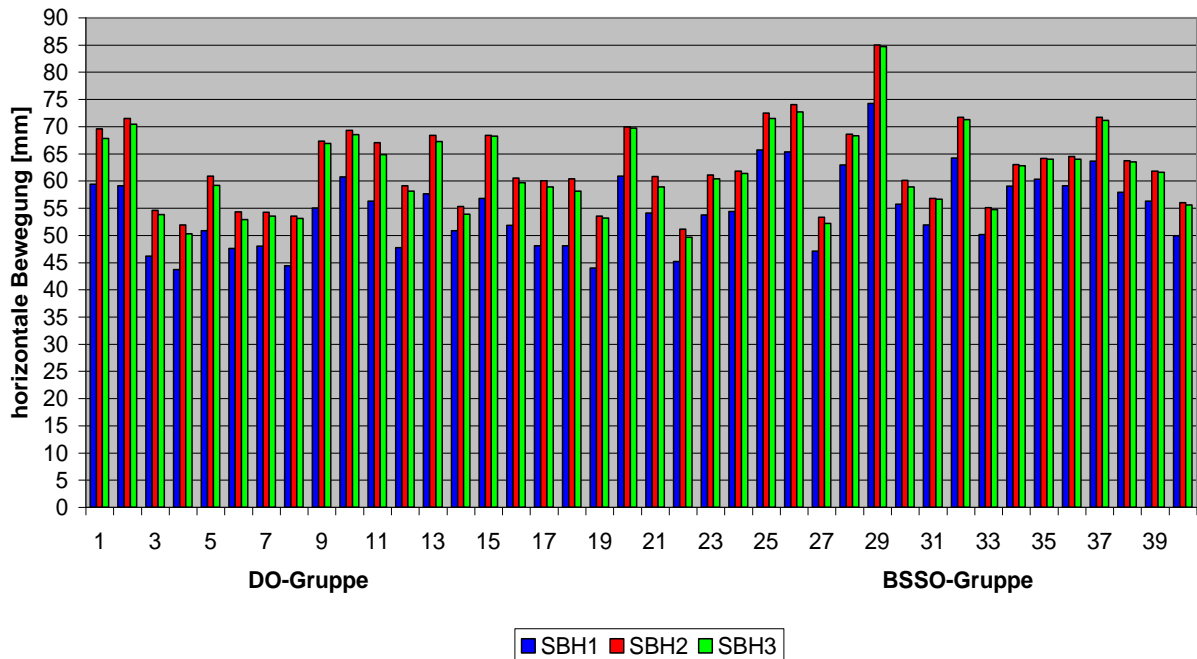


Abb. 3-7 Das Balkendiagramm zeigt die horizontale Bewegung des B-Punktes . präoperativ (SBH1), postoperativ (SBH2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SBH3).

Die Veränderung des B-Punktes zwischen postoperativ (SBH2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SBH3) definiert die Langzeitstabilität bzw. das Rezidiv und wurde ermittelt (Abbildung 3-8).

**Langzeitige horizontale Bewegung des B-Punktes (Langzeitiges Rezidiv) (SBH2-SBH3)**

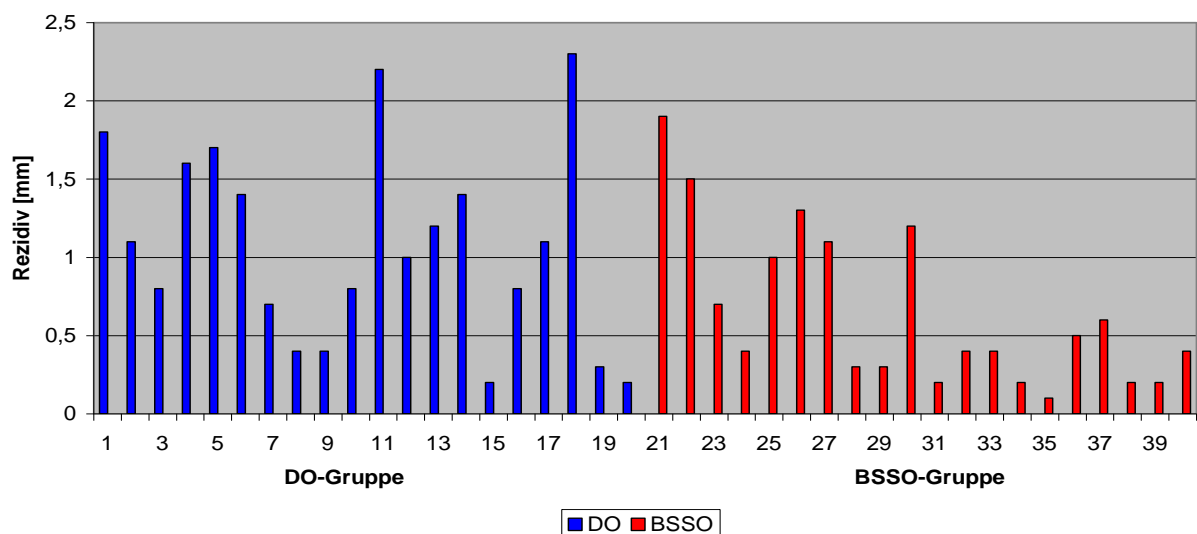


Abb. 3-8 Das Balkendiagramm zeigt die Langzeitstabilität bzw. das Rezidiv am B-Punkt.

## Ergebnisse

Der Unterschied der metrischen Längenbestimmung wurde bestimmt und statistisch untersucht. Das horizontale Rezidiv in der DO-Gruppe betrug durchschnittlich  $1,07 \text{ mm} \pm 0,6 \text{ mm}$  und fiel somit etwas größer als in der BSSO-Gruppe aus, wo das durchschnittliche horizontale Rezidiv  $0,6 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  betrug. Der Unterschied war statistisch signifikant  $p < 0,05$ , das Rezidiv war bei allen Patienten kleiner als  $2,5 \text{ mm}$  (Abbildung 3-9).

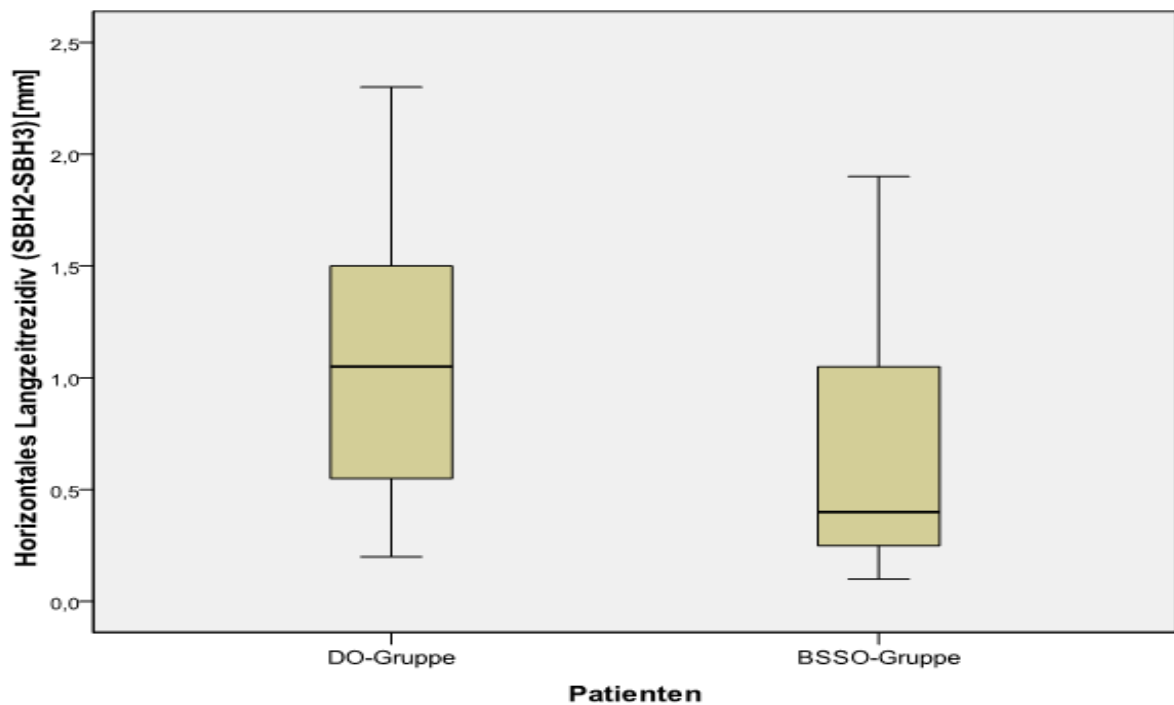


Abb. 3-9 Box-Plot-Graphik des horizontalen Langzeitrezidivs am B-Punkt.

Bezogen auf die absolute Vorverlagerungsstrecke wurde das prozentuale horizontale Rezidiv am B-Punkt bei der Materialentfernung in der BSSO-Gruppe bzw. am Ende der postoperativen kieferorthopädischen Behandlung in der DO-Gruppe (SBH2-SBH1) bestimmt. Das prozentuale horizontale Rezidiv betrug in der Gruppe der DO Patienten  $11,8 \% \pm 7,7\%$  und reichte von  $2 \%$  bis  $31 \%$ . In der BSSO-Gruppe lag es bei  $10,3 \% \pm 8,3 \%$  und reichte von  $3 \%$  bis  $28 \%$ . Der Unterschied des prozentualen horizontalen Rezidives zwischen der DO- und BSSO-Gruppe war statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ), (Abbildungen 3-10 und 3-11).

# Ergebnisse

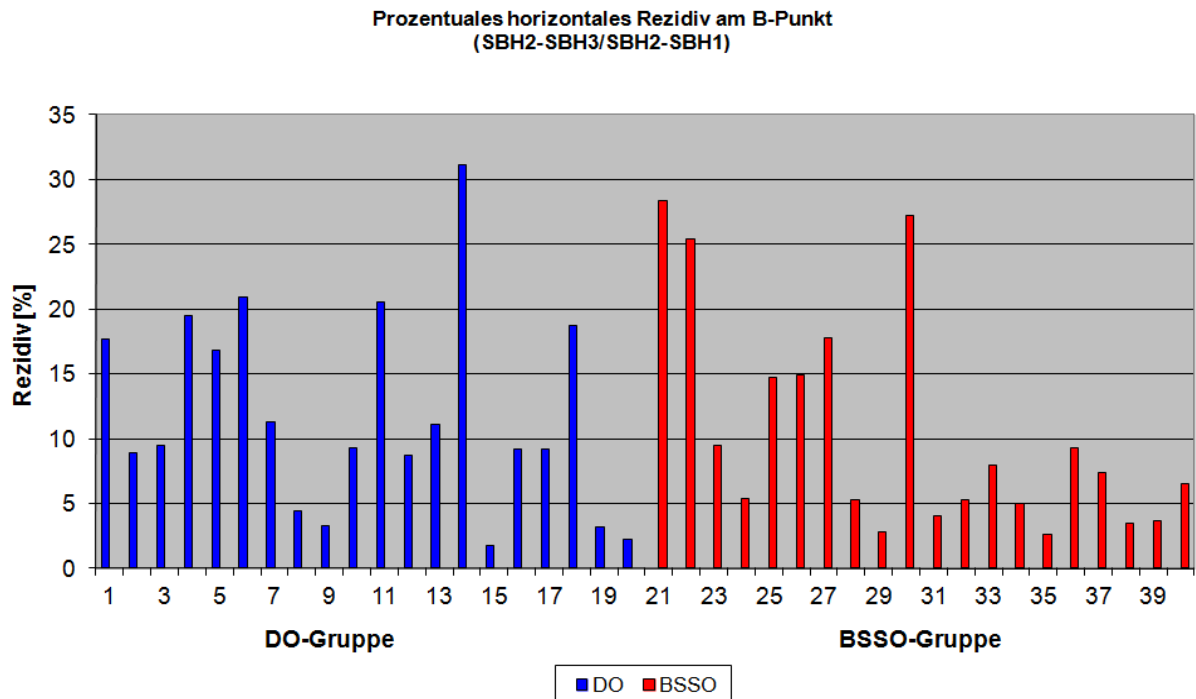


Abb. 3-10 Das Balkendiagramm zeigt das prozentuale Rezidiv am B-Punkt.

*SBH1: präoperative horizontale Distanz zwischen S-Punkt und B-Punkt*

*SBH2: postoperative horizontale Distanz zwischen S-Punkt und B-Punkt*

*SBH3: horizontale Distanz zwischen S-Punkt und B-Punkt zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung*

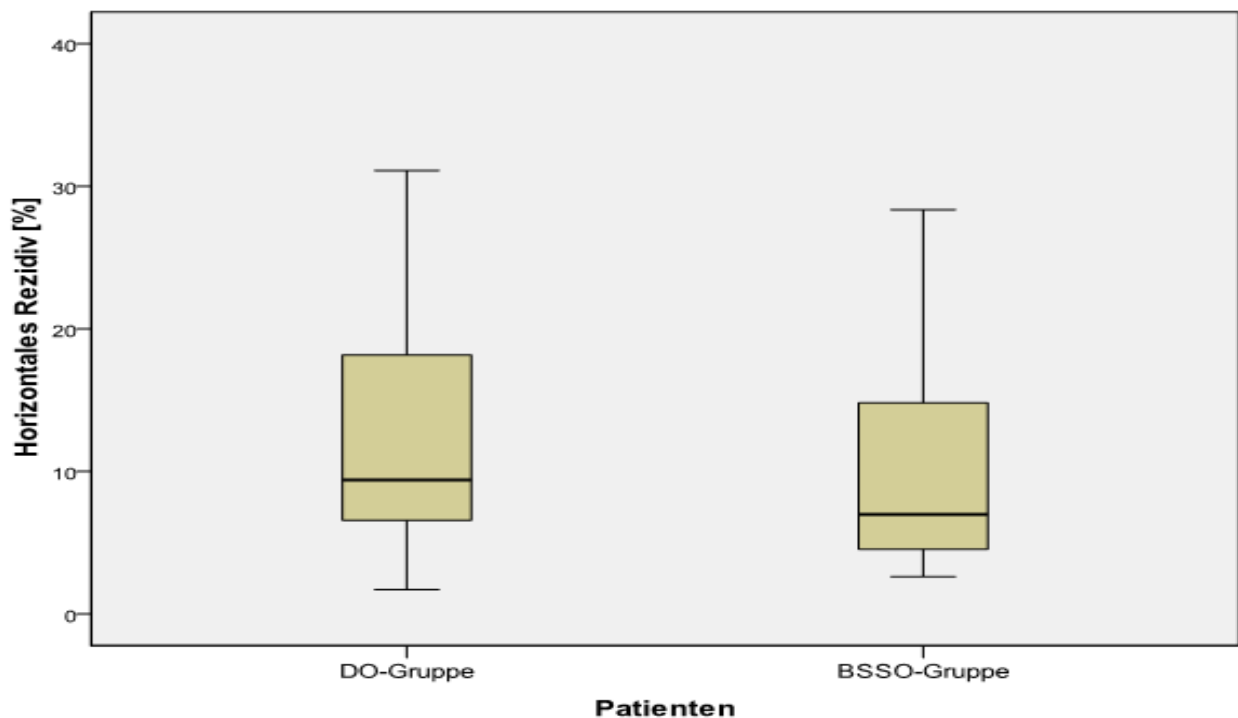


Abb. 3-11 Box-Plot-Graphik des prozentualen horizontalen Langzeitrezidivs am B-Punkt.

### 3.2.3 Vertikale Bewegung des B-Punktes

Die vertikale Bewegung des B-Punktes wurde durch ein metrisches Koordinaten-system in der FRS-Analyse präoperativ, postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestimmt. (Abbildung 3-12).

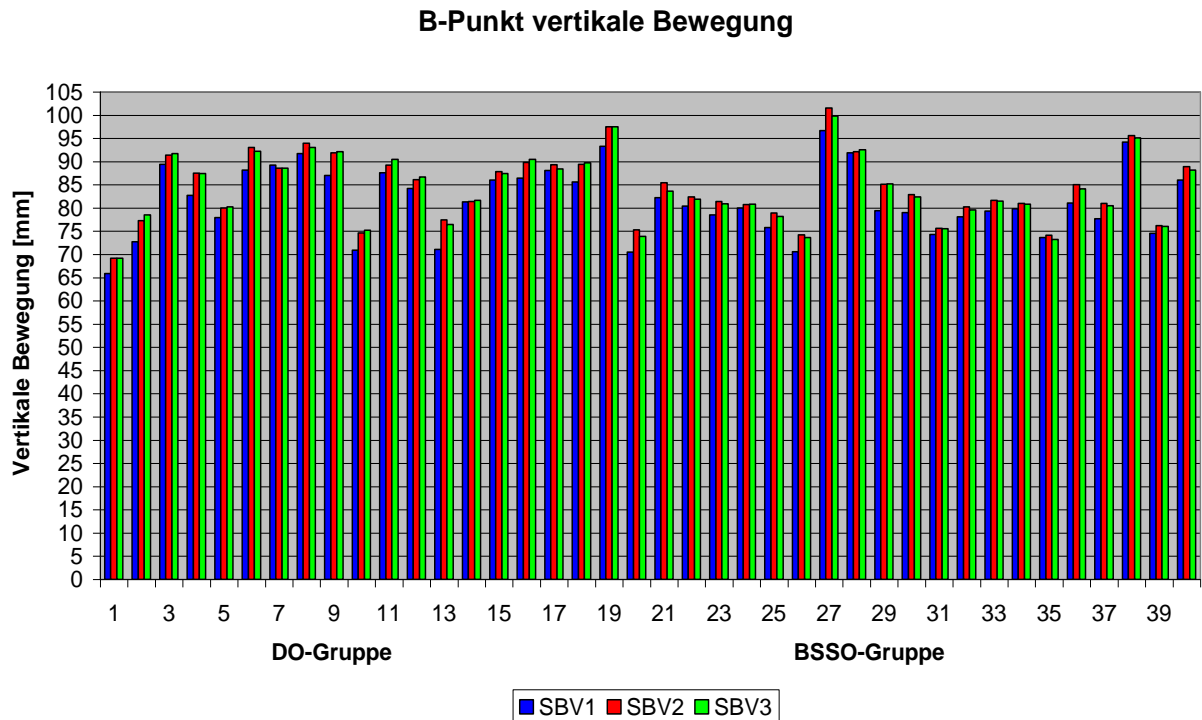


Abb. 3-12 Das Balkendiagramm zeigt die vertikale Bewegung des B-Punktes präoperativ (SBV1), postoperativ (SBV2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SBV3).

Die Veränderung des B-Punktes zwischen postoperativ (SBV2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SBV3) definiert die vertikale Langzeitstabilität bzw. das Rezidiv (Abbildung 3-13).

## Ergebnisse

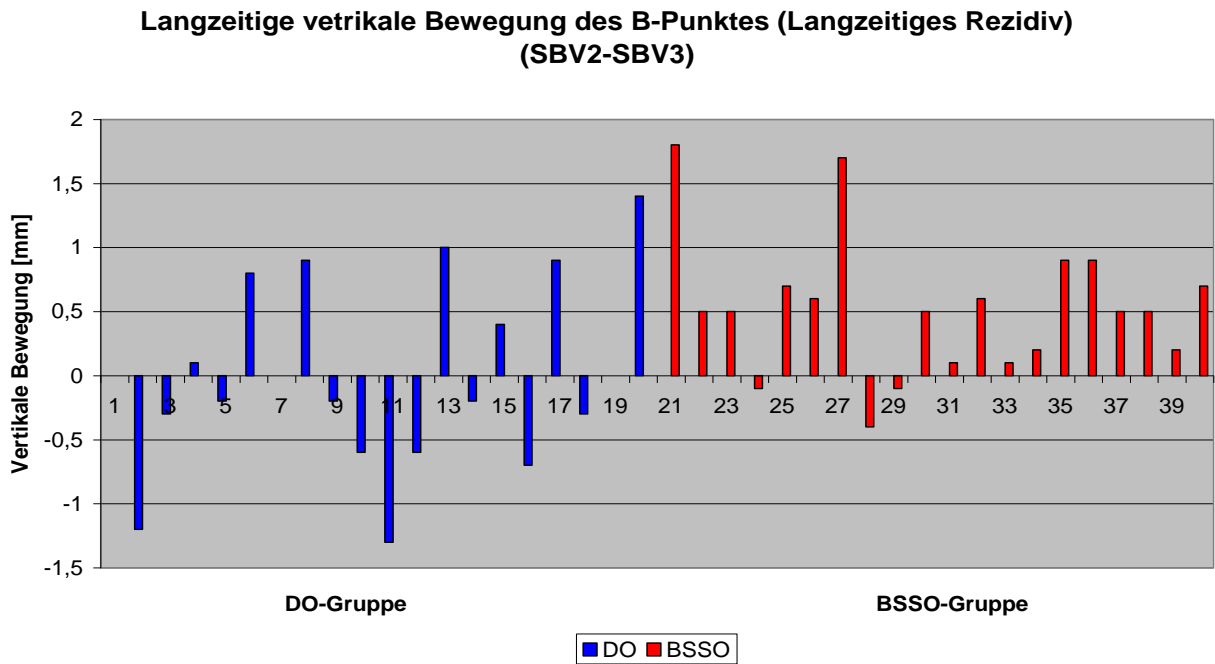


Abb. 3-13 Das Balkendiagramm zeigt die vertikale Langzeitstabilität bzw. das Rezidiv am B-Punkt.

Das vertikale Rezidiv am B-Punkt betrug in der DO-Gruppe durchschnittlich  $-0,005 \text{ mm} \pm 0,7 \text{ mm}$  und war größer als in der BSSO-Gruppe, wo das vertikale Rezidiv am B-Punkt durchschnittlich  $0,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$  betrug. Der Unterschied ist statistisch signifikant  $p < 0,05$ , das Rezidiv war bei allen Patienten immer geringer als 2 mm (Abbildung 3-14).

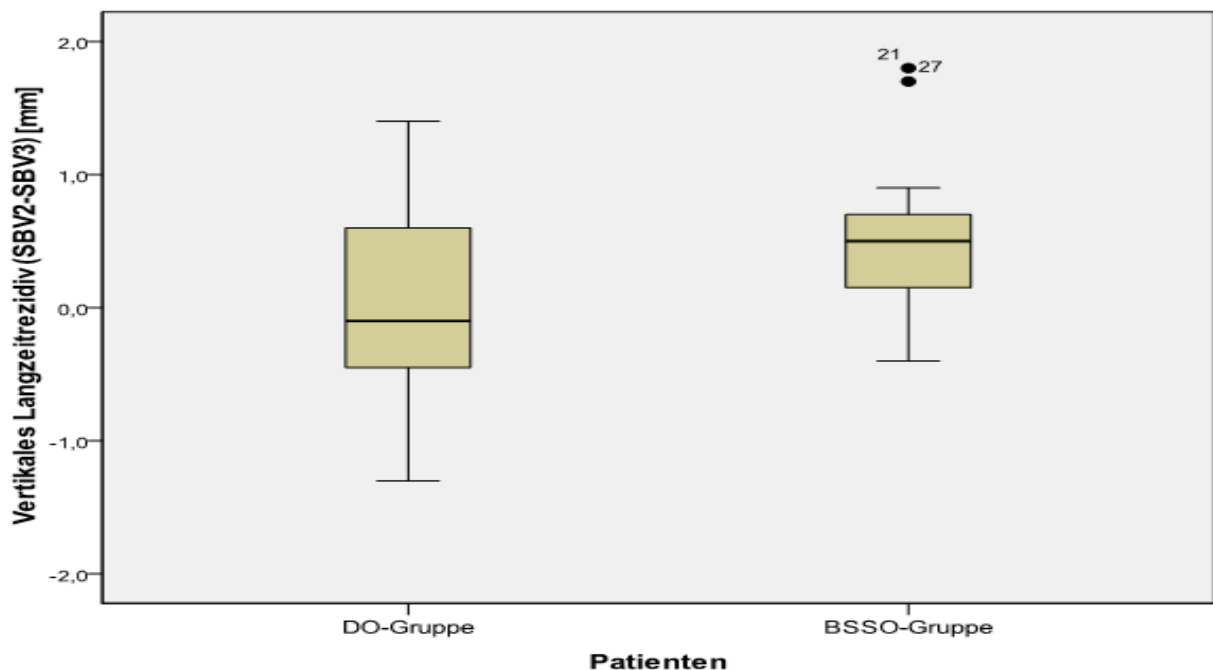


Abb. 3-14 Box-Plot-Graphik des vertikalen Langzeitrezidivs am B-Punkt.

### 3.2.4 Änderung der sagittalen Position des Unterkiefers (SNB-Winkel)

Die Änderung der sagittalen Position des Unterkiefers in Bezug auf die vordere Ebene des Kiefergelenkkopfes wurde durch die Messung des SNB-Winkels präoperativ (SNB1), postoperativ (SNB2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SNB3) in der DO-Gruppe und der BSSO-Gruppe ermittelt und verglichen (Abbildung 3-15).

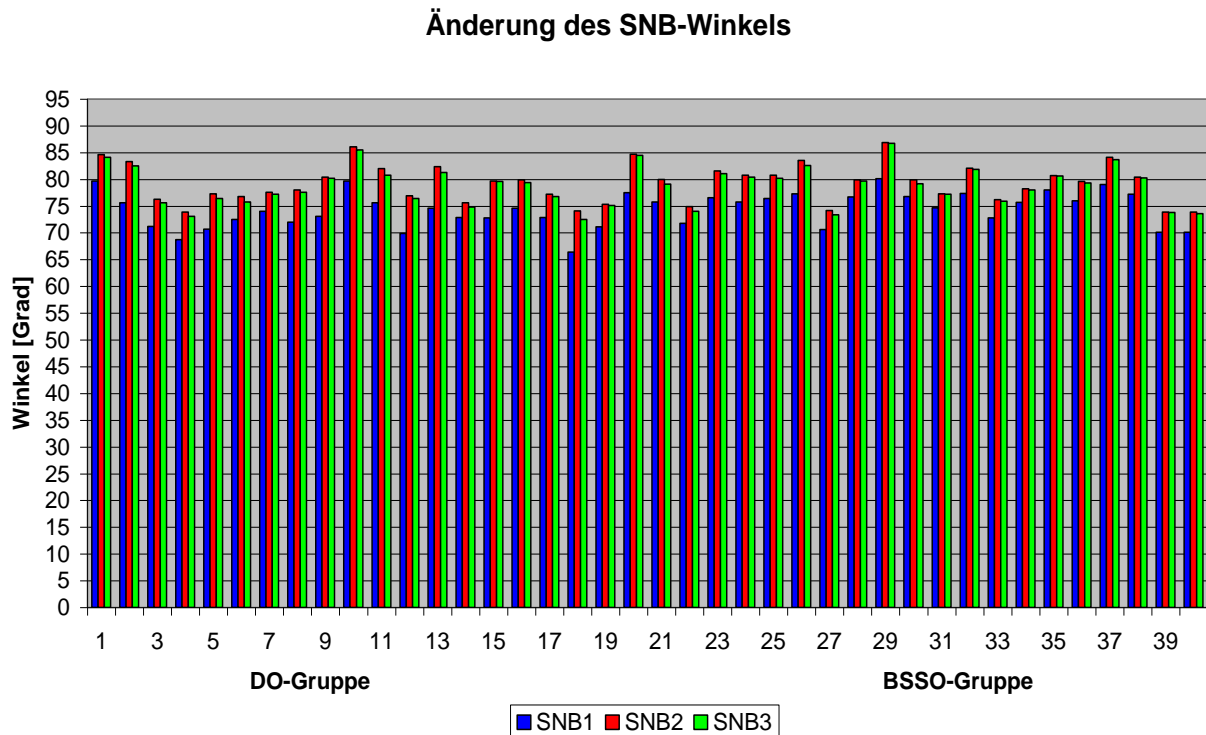


Abb. 3-15 Das Balkendiagramm zeigt die Änderung des SNB-Winkels. präoperativ (SNB1), postoperativ (SNB2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SNB3).

Der Unterschied des postoperativen SNB-Winkels (SNB2) und SNB-Winkels zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SNB3) wurde ermittelt. Die durchschnittliche Änderung des SNB-Winkels betrug in der DO-Gruppe  $0,6^\circ \pm 0,3^\circ$ , bei einem Patienten in dieser Gruppe wurde eine Abweichung von  $1,6^\circ$  ermittelt. Im Vergleich dazu wurde in der BSSO-Gruppe die durchschnittliche Änderung des SNB-Winkels mit  $0,4^\circ \pm 0,2^\circ$  bestimmt, bei keinem Patienten dieser Gruppe war die Änderung größer als  $1,0^\circ$  (Abbildung 3-16). Die statistische Untersuchung der Änderung des SNB-Winkels zeigte, dass die Änderung in der Gruppe der DO-Patienten signifikant größer war im Vergleich zur BSSO-Gruppe ( $p < 0,05$ ), (Abbildung 3-17).

Langzeitige Stabilität des SNB-Winkels (SNB2-SNB3)

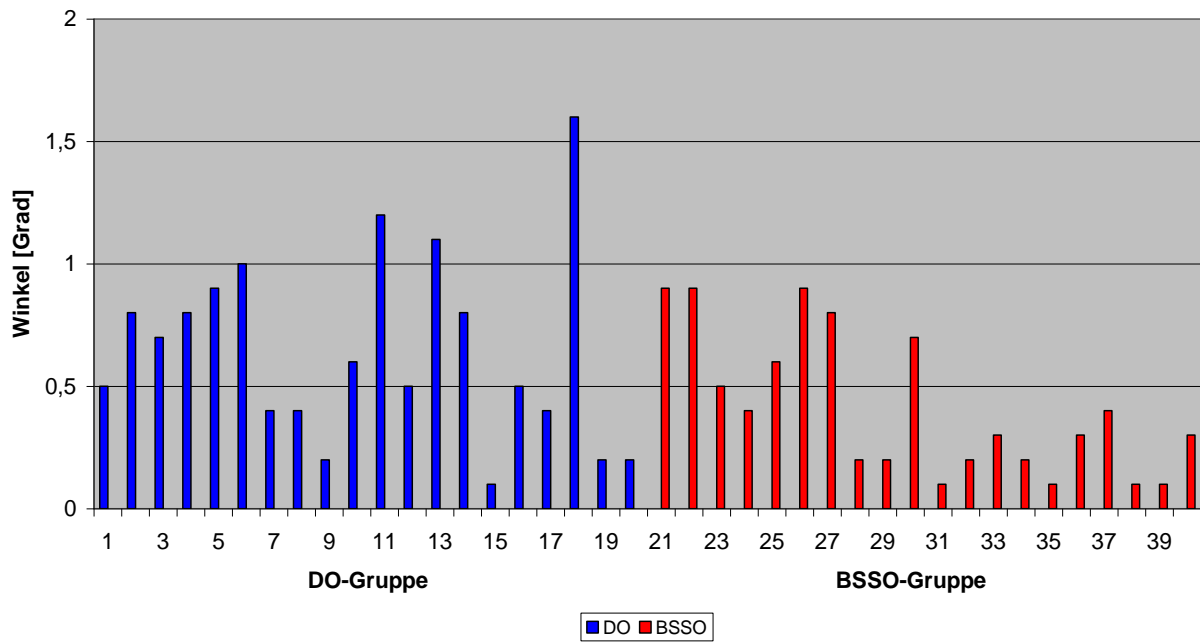


Abb. 3-16 Das Balkendiagramm zeigt die Langzeitstabilität des SNB-Winkels.

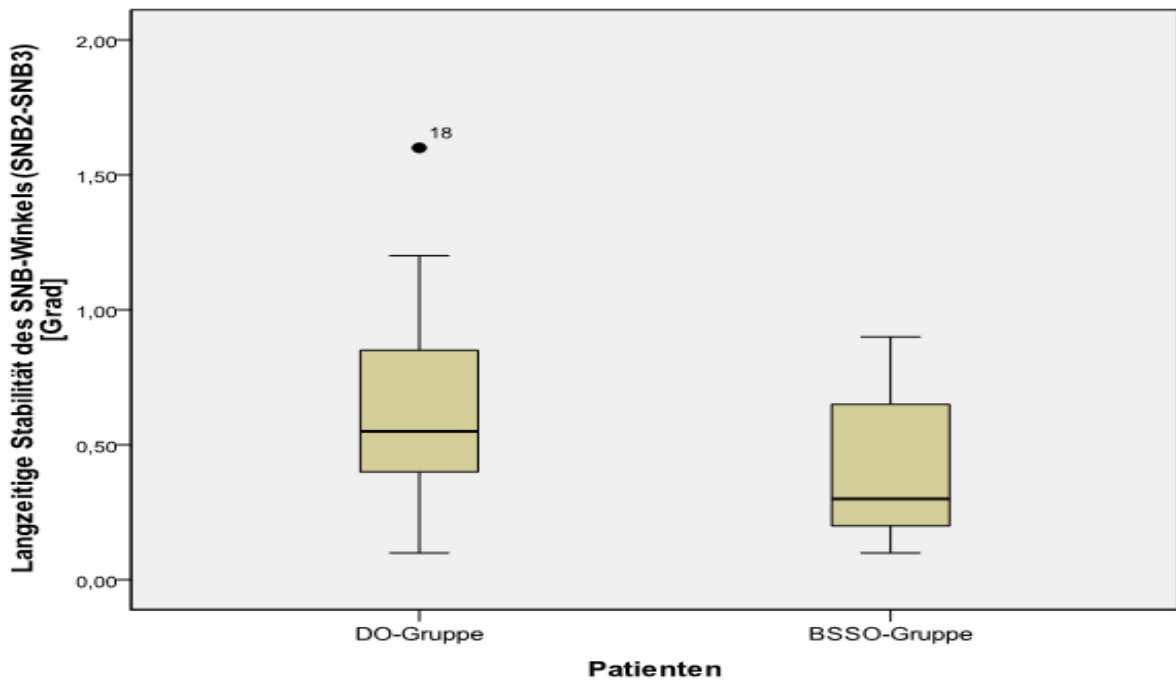


Abb. 3-17 Box-Plot-Graphik zeigt die Langzeitstabilität des SNB-Winkels.

Das prozentuale horizontale Rezidiv am B-Punkt bezogen auf die absolute Vorverlagerungsstrecke wurde bei der Materialentfernung in der BSSO-Gruppe bzw.

## Ergebnisse

am Ende der postoperativen kieferorthopädischen Behandlung in der DO-Gruppe (SBH2-SBH1) bestimmt. Das prozentuale horizontale Rezidiv des SNB-Winkels betrug in der Gruppe der DO-Patienten  $11,7 \% \pm 7,2 \%$  und reichte von  $1 \%$  bis  $30 \%$ . In der BSSO-Gruppe lag es bei  $10,4 \% \pm 7,7 \%$  und reichte von  $2 \%$  bis  $29 \%$ . Der Unterschied des prozentualen horizontalen Rezidivs zwischen der DO- und BSSO-Gruppe war statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ), (Abbildung 3-18).

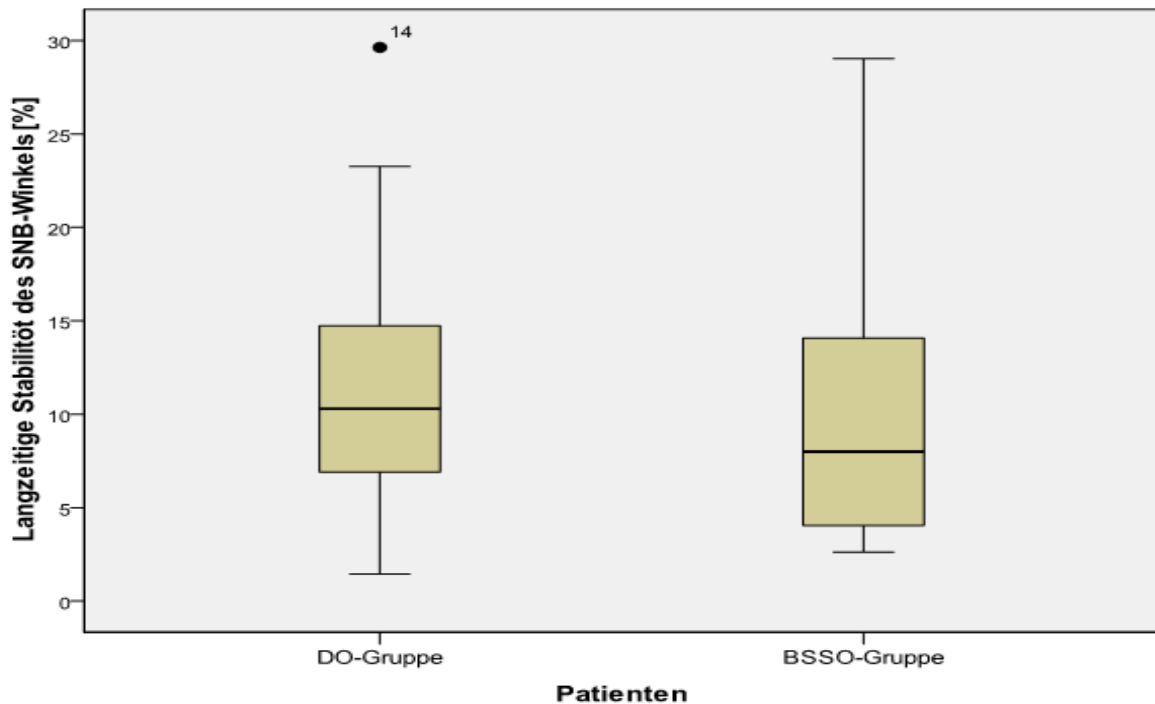


Abb. 3-18 Box-Plot Graphik zeigt die prozentuale langzeitige Stabilität des SNB-Winkels.

### 3.2.5 Positionsveränderung des aufsteigenden Astes (SN/Ar-Rtgh)

Die Änderung der Position des aufsteigenden Astes des Unterkiefers wurde im Verlauf der Behandlung beurteilt. Dazu wurde die Position des aufsteigenden Astes durch die Messung eines konstruierten Winkels erfasst. Dieser Winkel (SN/Ar-Rtgh) beschreibt die Lage des aufsteigenden Astes in Bezug zur Schädelbasis (Abbildung 3-19).



**Änderung der Position des aufsteigenden Astes  
(SN/Ar-Rtgh-Winkel)**

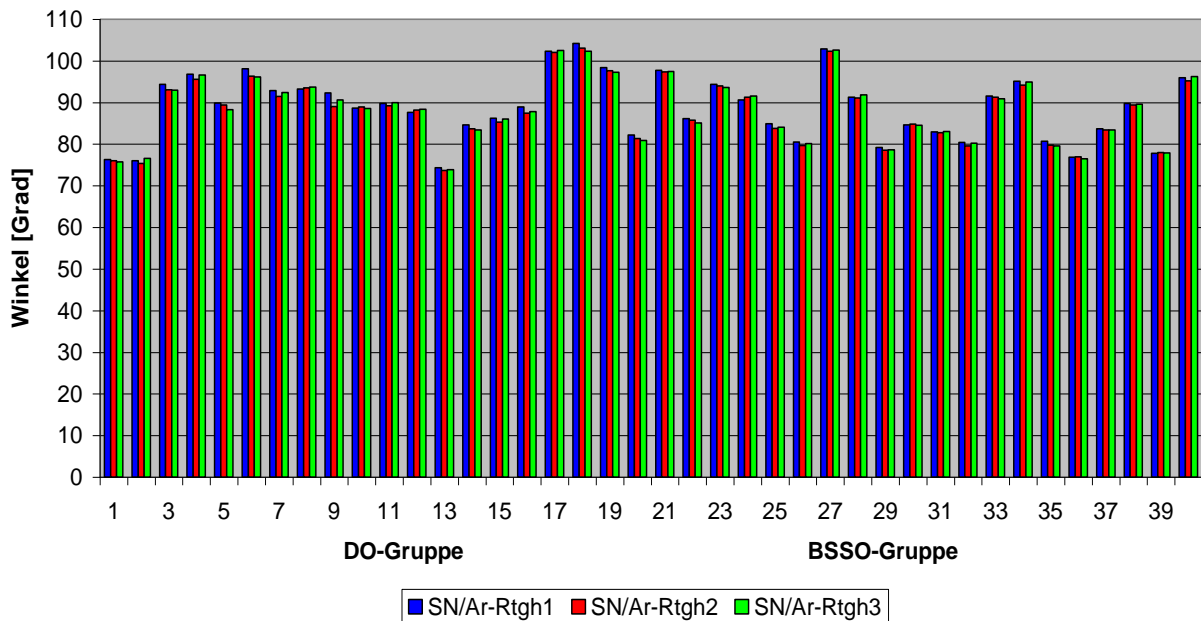


Abb. 3-19 Das Balkendiagramm zeigt die Änderung des SN/Ar-Rtgh-Winkels präoperativ (SN/Ar-Rtgh1), postoperativ (SN/Ar-Rtgh 2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SN/Ar-Rtgh 3).

Die Beurteilung der Langzeitstabilität der Position des aufsteigenden Astes des Unterkiefers auf mögliche Rotation bzw Abweichung nach Vorverlagerung des Unterkiefers wurde durch Vergleich des SN/Ar-Rtgh-Winkels postoperativ (SN/Ar-Rtgh 2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (SN/Ar-Rtgh 3) ermittelt. (Abbildung 3-20).

## Ergebnisse

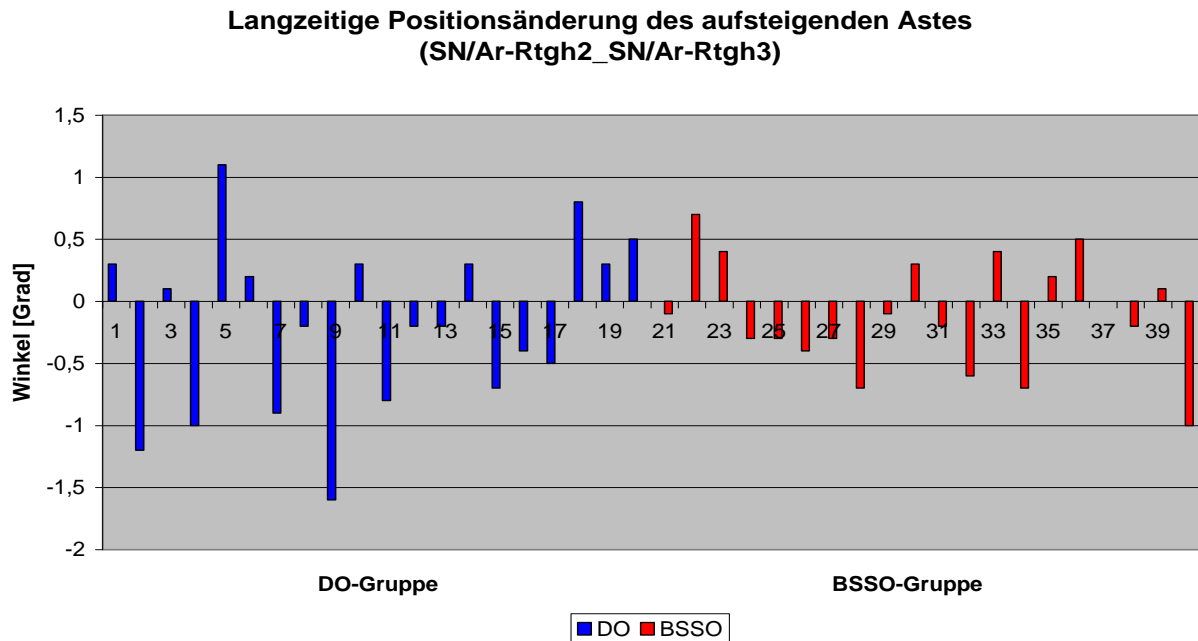


Abb. 3-20 Das Balkendiagramm zeigt die Langzeitstabilität der Position des aufsteigenden Astes des Unterkiefers.

Die Änderung des SN/Ar-Rtgh-Winkels in der DO-Gruppe betrug durchschnittlich  $-0,2^\circ \pm 0,6^\circ$  und reichte von  $-1,6^\circ$  bis  $0,8^\circ$ . In der BSSO-Gruppe fand sich ein Mittelwert von  $-0,11^\circ \pm 0,4^\circ$  und reichte von  $-0,1^\circ$  bis  $0,7^\circ$ . Der Unterschied der Änderung des SN/Ar-Rtgh-Winkels zwischen den beiden Gruppen war statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ), (Abbildung 3-21).

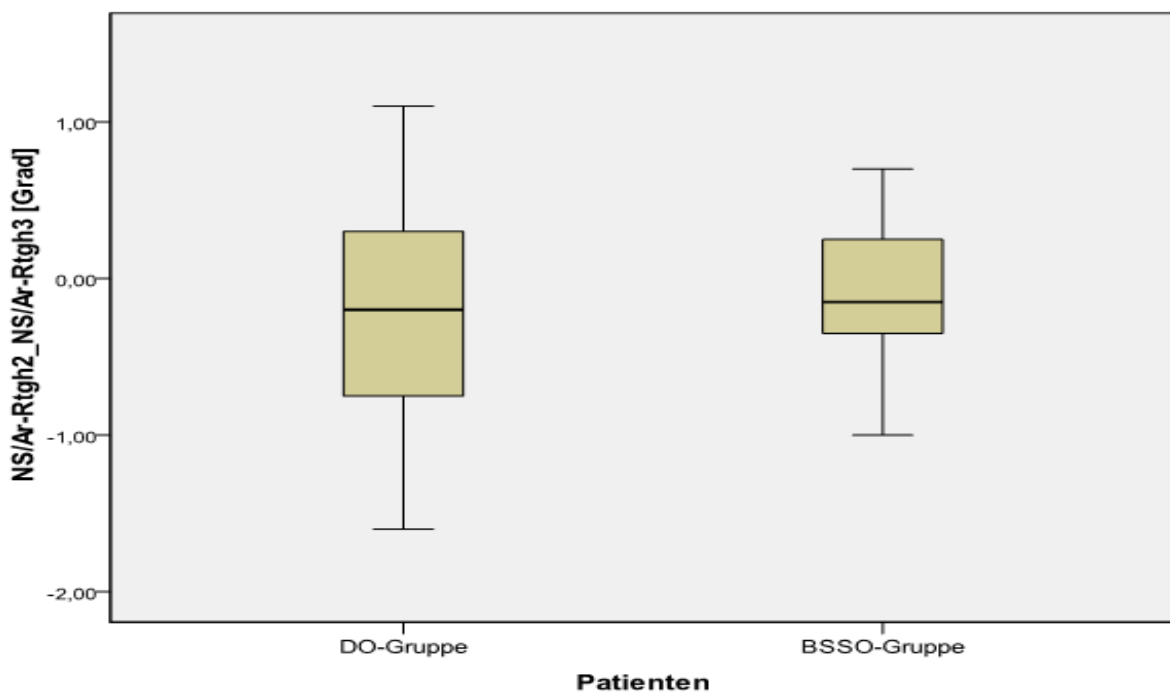


Abb. 3-21 Box-Plot Graphik-zeigt die langzeitige Stabilität des SN/Ar-Rtgh-Winkels.

## Ergebnisse

Der Gesichtstyp wurde durch die Messung des Winkels zwischen Unterkieferlinie (Mandibularebene) und vorderer Schädelbasis (ML/SNL-Winkel) ermittelt, wobei der Normalwert des ML-NSL-Winkels  $28^\circ \pm 7$  beträgt (Abbildung 3-22).

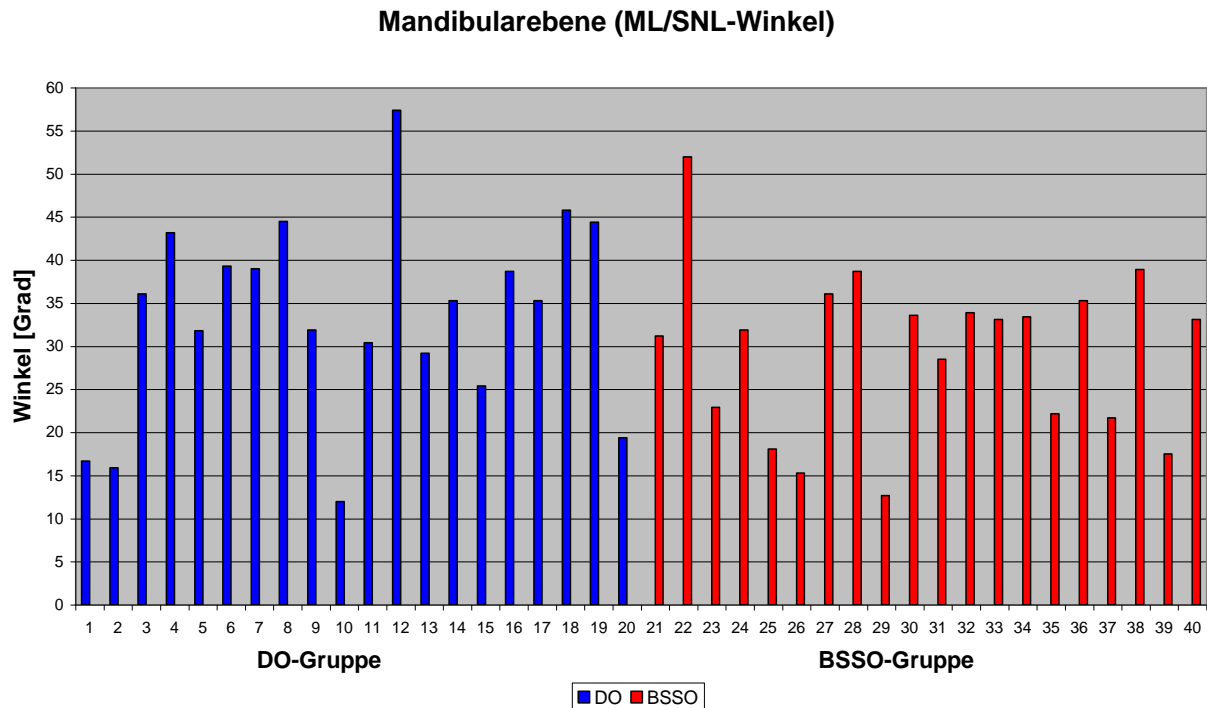


Abb. 3-22 Das Balkendiagramm der präoperativen Mandibularebene (ML/SNL) der DO- und der BSSO-Patienten.

Der durchschnittliche Winkel der Mandibularebene betrug in der Gruppe der DO-Patienten  $33,5^\circ \pm 11,4^\circ$  und war größer als in der Gruppe der BSSO-Patienten. Der durchschnittliche mandibuläre Winkel wurde mit  $29,6^\circ \pm 9,5^\circ$  bestimmt. Der Unterschied des Winkels der Mandibularebene zwischen der Gruppe der DO- und BSSO-Patienten war statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ), (Abbildung 23).

## Ergebnisse

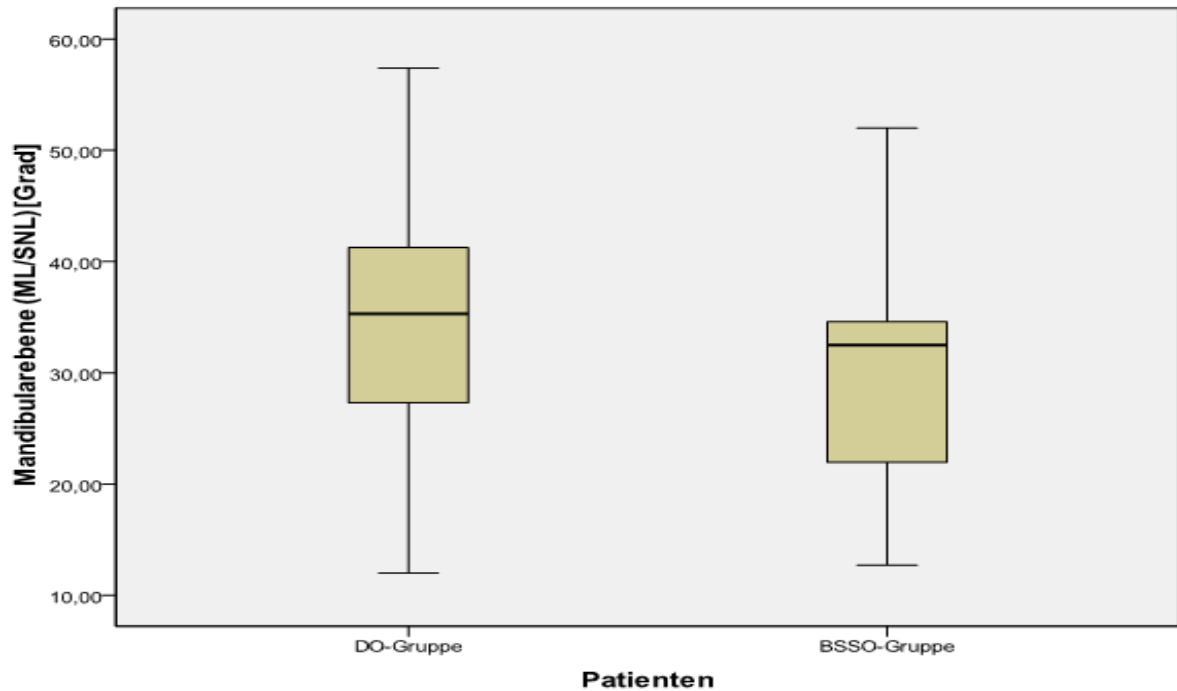


Abb. 3-23 Box-Plot-Graphik zeigt den Winkel der Mandibularebene (ML/SNL).

### 3.3 Ergebnisse der Funktionsuntersuchung des Kiefergelenks

#### 3.3.1 Klinische Untersuchung der Beweglichkeit des Unterkiefers

##### 3.3.1.1 *Klinische und subjektive Beurteilung der Mundöffnung*

Die maximale SKD zur Beurteilung der Beweglichkeit des Unterkiefers wurde evaluiert. In der Gruppe der DO-Patienten betrug die maximale SKD durchschnittlich  $41,8 \text{ mm} \pm 6,1 \text{ mm}$  und fiel somit geringer als in der Gruppe der BSSO-Patienten aus, bei denen die maximale SKD durchschnittlich bei  $44,8 \text{ mm} \pm 9,4 \text{ mm}$  lag. Der Unterschied der durchschnittlichen maximalen SKD zwischen diesen beiden Gruppen ist statistisch nicht signifikant ( $P > 0,05$ ), (Abbildung 3-24).

## Ergebnisse

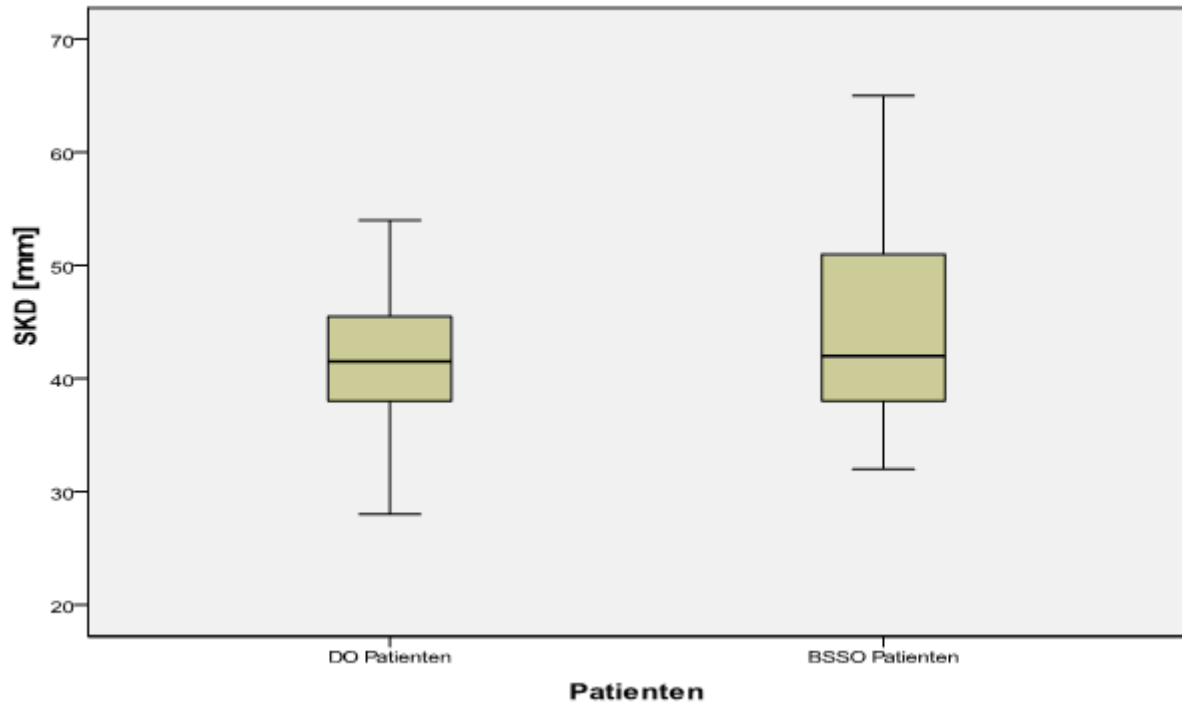


Abb. 3-24 Box-Plot- Graphik der maximalen SKD in der Gruppe der DO- und der BSSO-Patienten.

Die maximale SKD wurde in Anlehnung an den klinischen Dysfunktionsindex nach Helkimo (1974) evaluiert. Die durchschnittliche maximale SKD war in der Gruppe der DO-Patienten bei einem Patienten eingeschränkt, bei sechs Patienten leicht eingeschränkt und bei 13 Patienten nicht eingeschränkt. Demgegenüber fanden sich in der BSSO-Gruppe sieben Patienten mit einer leicht eingeschränkten SKD und 13 Patienten mit normaler SKD. Eine eingeschränkte SKD zeigte sich in dieser Gruppe nicht (Abbildung 3-25).

## Ergebnisse

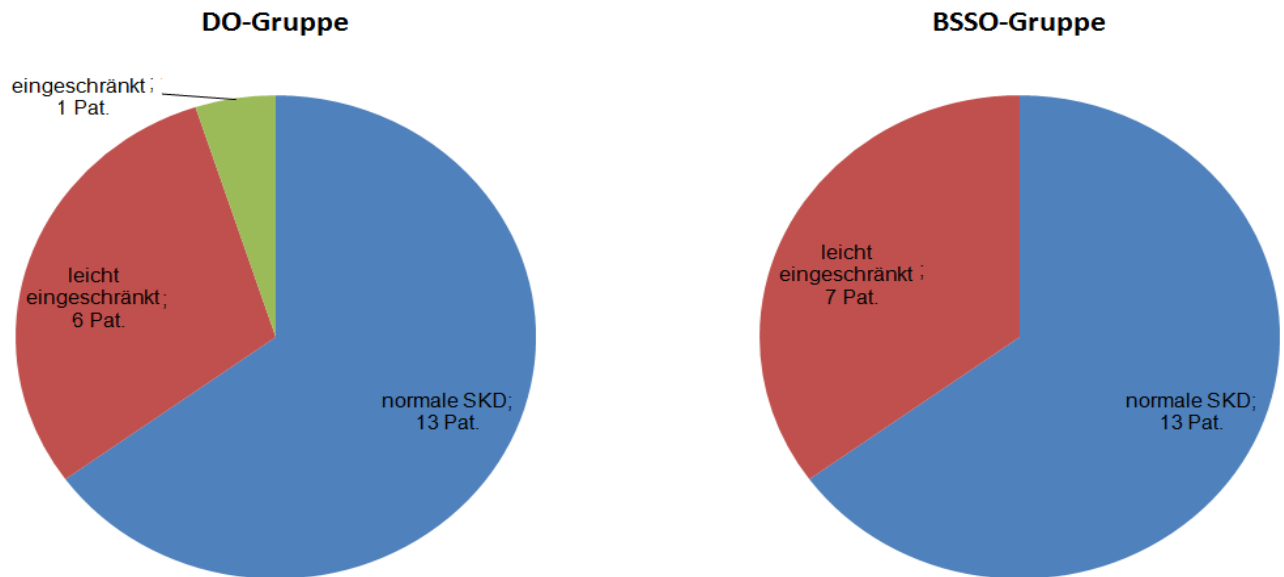


Abb. 3-25 Tortendiagramm der maximalen SKD in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index.

*Eingeschränkte SKD < 30 mm; leicht eingeschränkte SKD:  $\geq 30$  mm < 40 mm; normale SKD:  $\geq 40$  mm.*

Bei der subjektiven Einschätzung der Mundöffnung gaben in der DO-Gruppe sieben Patienten eine schlechtere postoperative Mundöffnung an, drei Patienten bemerkten keinen Unterschied und zehn Patienten führten eine bessere postoperative Mundöffnung an. Im Unterschied dazu gaben in der BSSO-Gruppe vier Patienten eine schlechtere postoperative Mundöffnung an, bei einem Patienten fand sich kein Unterschied und 15 Patienten äußerten eine bessere postoperative Mundöffnung (Abbildung 3-26).

## Ergebnisse

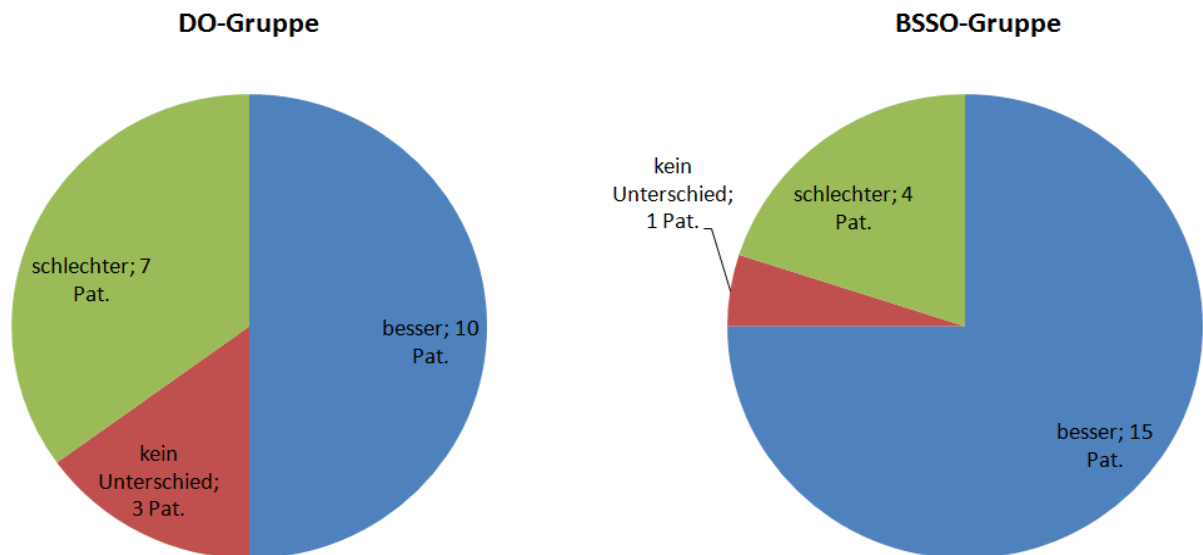


Abb. 3-26 Tortendiagramm zur subjektiven Einschätzung der Mundöffnungseinschränkung in der DO- und der BSSO-Gruppe.

### 3.3.1.2 Klinische Untersuchung der Protrusion

Die maximale protrusive Bewegung des Unterkiefers betrug in der Gruppe der DO-Patienten durchschnittlich  $5,1 \text{ mm} \pm 3,5 \text{ mm}$  und war größer als in der Gruppe der BSSO-Patienten, hier lag der Wert bei  $4,75 \text{ mm} \pm 2,4 \text{ mm}$ . Der Unterschied der durchschnittlichen maximalen protrusiven Bewegung fiel zwischen den beiden Gruppen statistisch nicht signifikant aus ( $p > 0,05$ ), (Abbildung 3-27).

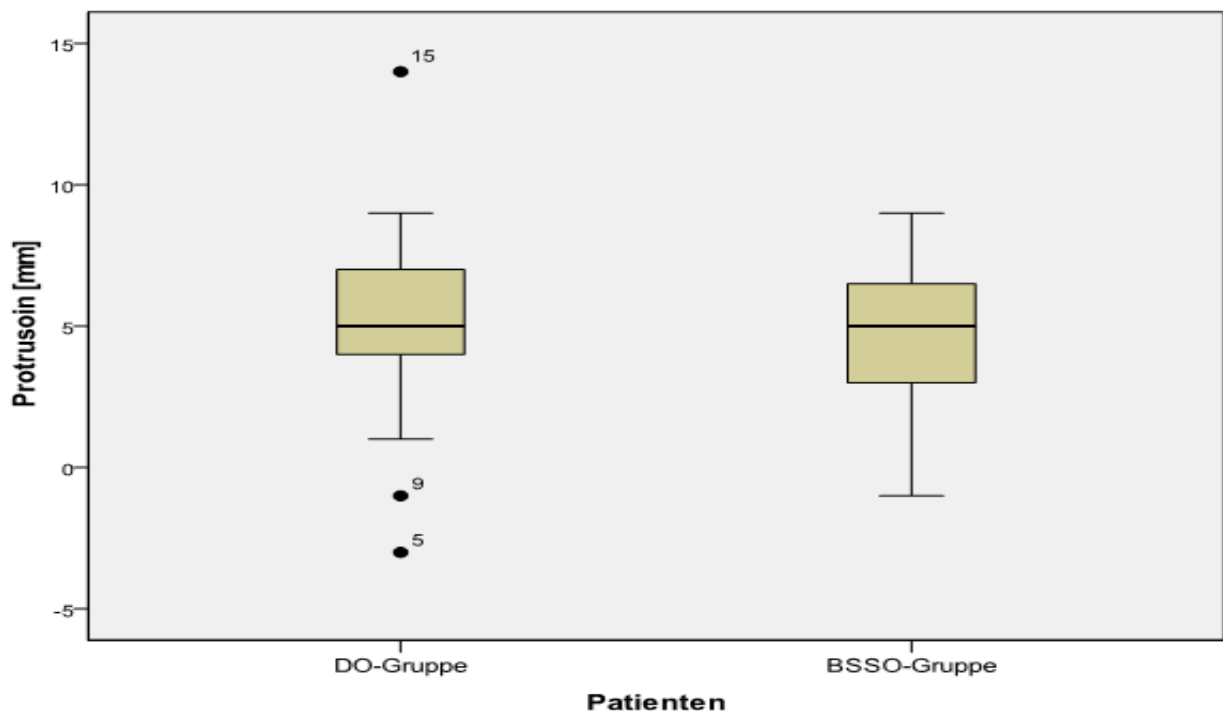


Abb. 3-27 Box-Plot-Graphik der Protrusion in der DO- und der BSSO-Gruppe.

## Ergebnisse

Die maximale protrusive Bewegung wurde in Anlehnung an den klinischen Dysfunktionsindex nach Helkimo (1974) evaluiert. In der Gruppe der DO-Patienten fanden sich vier Patienten mit deutlich eingeschränkter Mundöffnung ( $\leq 3$  mm), neun Patienten hatten eine leicht eingeschränkte Protrusion (4 – 7mm) und bei sieben Patienten lag die Protrusion im normalen Bereich ( $\geq 7$  mm). Im Unterschied dazu ergaben sich in der BSSO-Gruppe sieben Patienten mit einer eingeschränkten Protrusion, acht Patienten hatten eine leicht eingeschränkte Protrusion und bei fünf Patienten befand sich die Protrusion im normalen Bereich ( $\geq 7$ mm), (Abbildung 3-28).

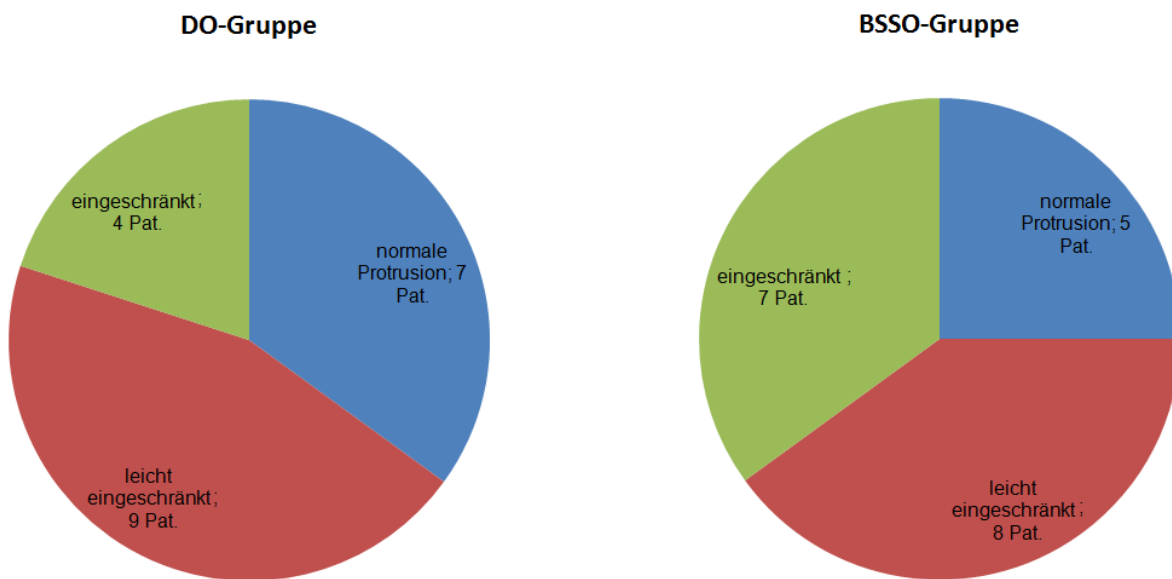


Abb. 3-28 Tortendiagramm der Protrusion in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index.

*Eingeschränkte Protrusion:  $\leq 3$  mm; leicht eingeschränkte Protrusion:  $> 3$  mm  $< 7$  mm; normale Protrusion:  $\geq 7$  mm.*

### 3.3.1.3 Klinische Untersuchung der Laterotrusion

Die maximale Laterotrusion der Kiefergelenke wurde beidseits evaluiert. Die durchschnittliche maximale laterale Exkursion des Unterkiefers nach rechts betrug in der Gruppe der DO-Patienten  $9,4$  mm  $\pm$   $3,8$  mm und war der Gruppe der BSSO-Patienten ähnlich, hier lag die durchschnittliche maximale laterale Exkursion nach rechts bei  $9,05$  mm  $\pm$   $1,9$  mm. Zwischen den beiden Gruppen fand sich keine statistische Signifikanz ( $p > 0,05$ ), (Abbildung 3-29).



## Ergebnisse

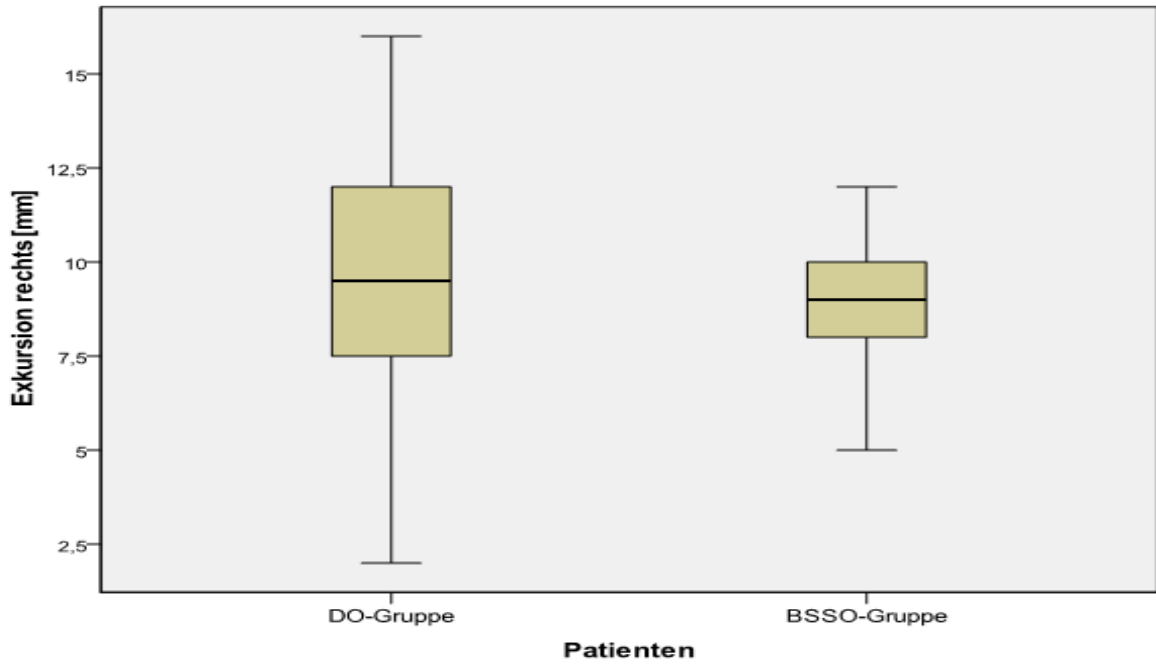


Abb. 3-29 Box-Plot-Graphik der lateralen Exkursion des Unterkiefers nach rechts.

Die durchschnittliche maximale laterale Exkursion des Unterkiefers nach links betrug in der Gruppe der DO-Patienten  $8,5 \text{ mm} \pm 3,7 \text{ mm}$  und war der Gruppe der BSSO-Patienten ähnlich, hier lag die durchschnittliche maximale laterale Exkursion nach links bei  $8,1 \text{ mm} \pm 3,5 \text{ mm}$ . Zwischen den beiden Gruppen fand sich keine statistische Signifikanz ( $p > 0,05$ ) (Abbildung 3-30).

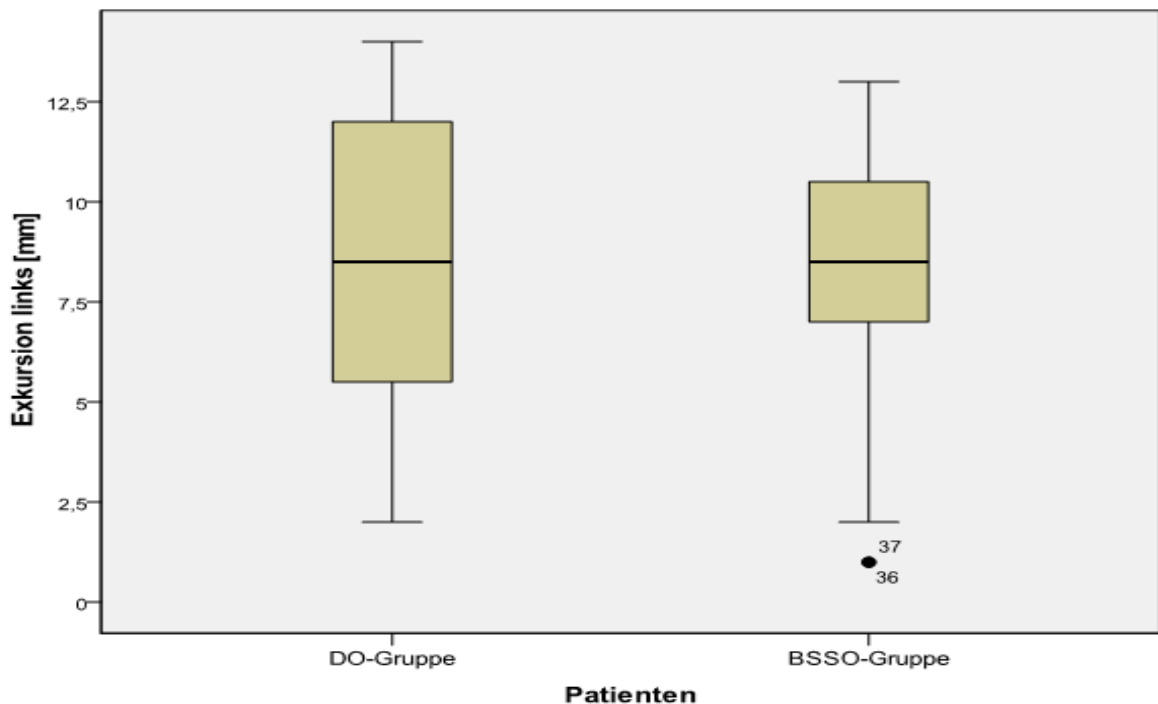


Abb. 3-30 Box-Plot-Graphik der lateralen Exkursion des Unterkiefers nach links.

## Ergebnisse

Die maximale laterale Exkursion wurde in Anlehnung an den klinischen Dysfunktionsindex nach Helkimo (1974) evaluiert. In der Gruppe der DO-Patienten zeigte sich die maximale seitliche Bewegung nach rechts bei 17 Patienten im normalen Bereich ( $\geq 7$  mm), bei einem Patienten leicht eingeschränkt (4 – 7 mm) und bei zwei Patienten eingeschränkt ( $\leq 3$  mm). In der Gruppe der BSSO-Patienten fanden sich 18 Patienten mit normaler maximaler seitlicher Bewegung nach rechts ( $\geq 7$  mm) und zwei Patienten mit leicht eingeschränkter maximaler lateraler Exkursion nach rechts (4 – 7 mm). Bei keinem Patienten dieser Gruppe war die maximale seitliche Bewegung nach rechts deutlich eingeschränkt ( $\leq 3$  mm), (Abbildung 3-31).

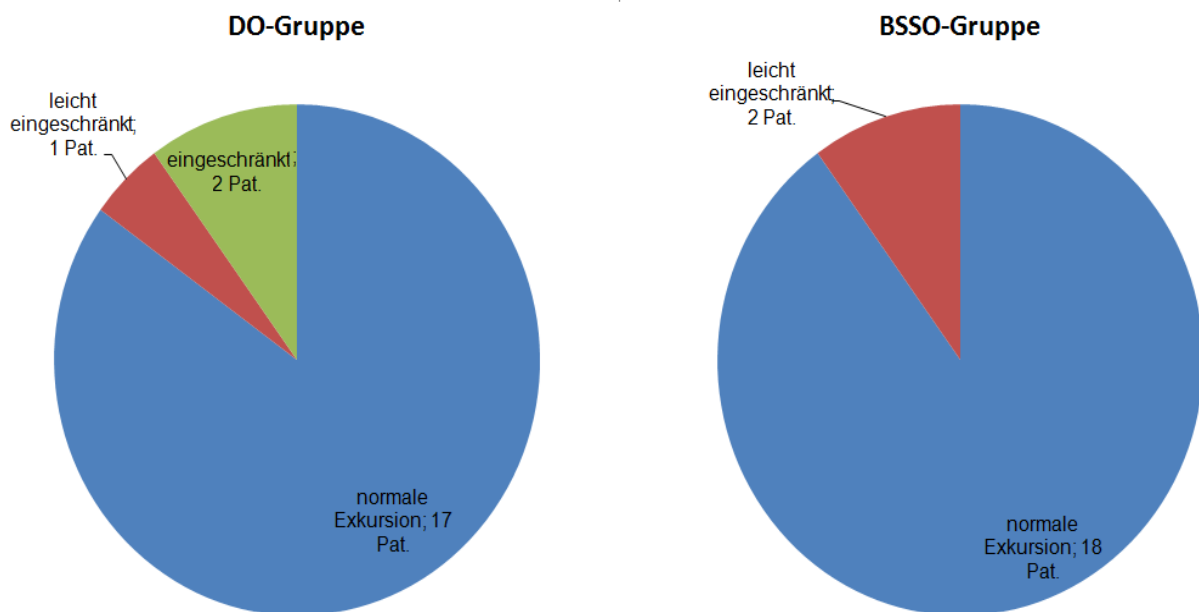


Abb. 3-31 Tortendiagramm der lateralen Exkursion nach rechts in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index.

*Eingeschränkte Exkursion:  $\leq 3$  mm; leicht eingeschränkte Exkursion:  $> 3$  mm  $< 7$  mm; normale Exkursion:  $\geq 7$  mm.*

Die maximale laterale Exkursion wurde in Anlehnung an den klinischen Dysfunktionsindex nach Helkimo (1974) evaluiert. In der Gruppe der DO-Patienten war die maximale seitliche Bewegung nach links bei 15 Patienten im normalen Bereich ( $\geq 7$  mm), bei vier Patienten leicht eingeschränkt (4 – 7 mm) und bei einem Patienten eingeschränkt ( $\leq 3$  mm). In der Gruppe der BSSO-Patienten fanden sich 16 Patienten mit normaler maximaler seitlicher Bewegung nach links ( $\geq 7$  mm) und ein Patient mit leicht eingeschränkter maximaler lateraler Exkursion nach rechts (4 – 7 mm). Bei zwei

## Ergebnisse

Patienten dieser Gruppe war die maximale seitliche Bewegung nach links deutlich eingeschränkt ( $\leq 3$  mm), (Abbildung 3-32).

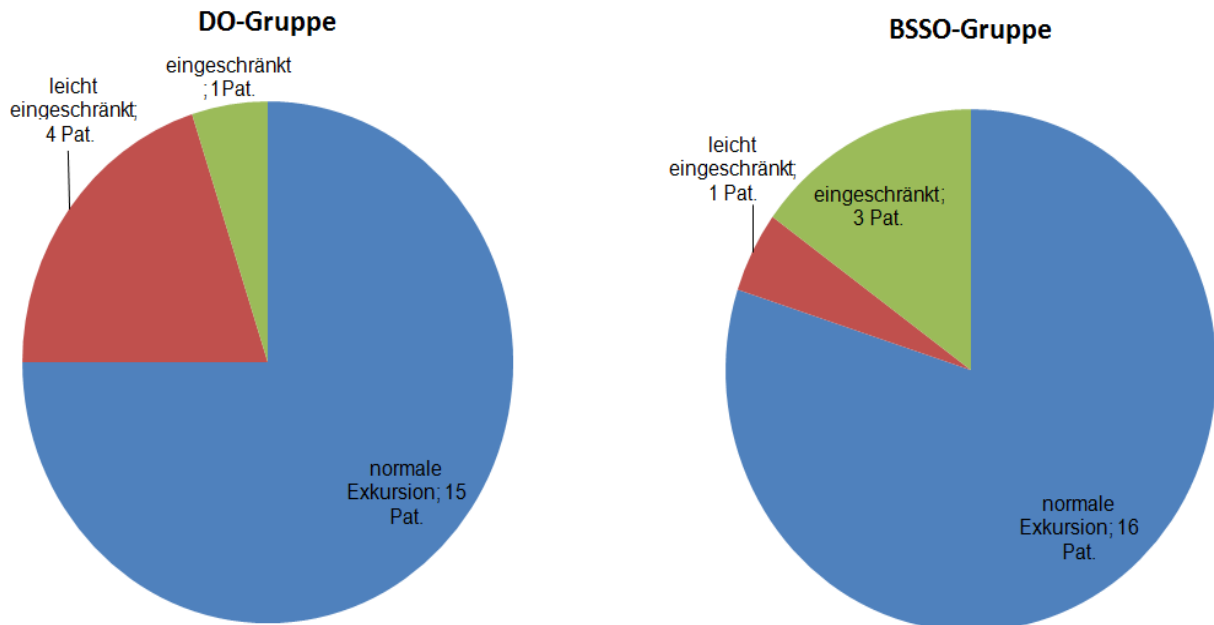


Abb. 3-32 Tortendiagramm der lateralen Exkursion nach links in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index.

*Eingeschränkte Exkursion:  $\leq 3$  mm; leicht eingeschränkte Exkursion:  $> 3$  mm  $< 7$  mm ; normale Exkursion:  $\geq 7$  mm.*

### 3.3.2 Klinische und subjektive Untersuchung der Kiefergelenke

Die klinische Untersuchung beider Kiefergelenke je Patient erfolgte durch Palpation präaurikulär 10 – 15 mm vor dem Tragus, der schlechteste Befund war für die Gesamtbeurteilung des Patienten maßgeblich. In der DO-Gruppe hatten elf Patienten keine präaurikuläre Druckdolenz, acht Patienten gaben leichte Schmerzen an und ein Patient dieser Gruppe wies eine starke präaurikuläre Druckdolenz auf. Demgegenüber hatten 18 Patienten in der BSSO-Gruppe keine präaurikuläre Druckdolenz und zwei Patienten leichte Schmerzen. Bei keinem Patienten dieser Gruppe fand sich eine starke präaurikuläre Druckdolenz (Abbildung 3-33).

## Ergebnisse

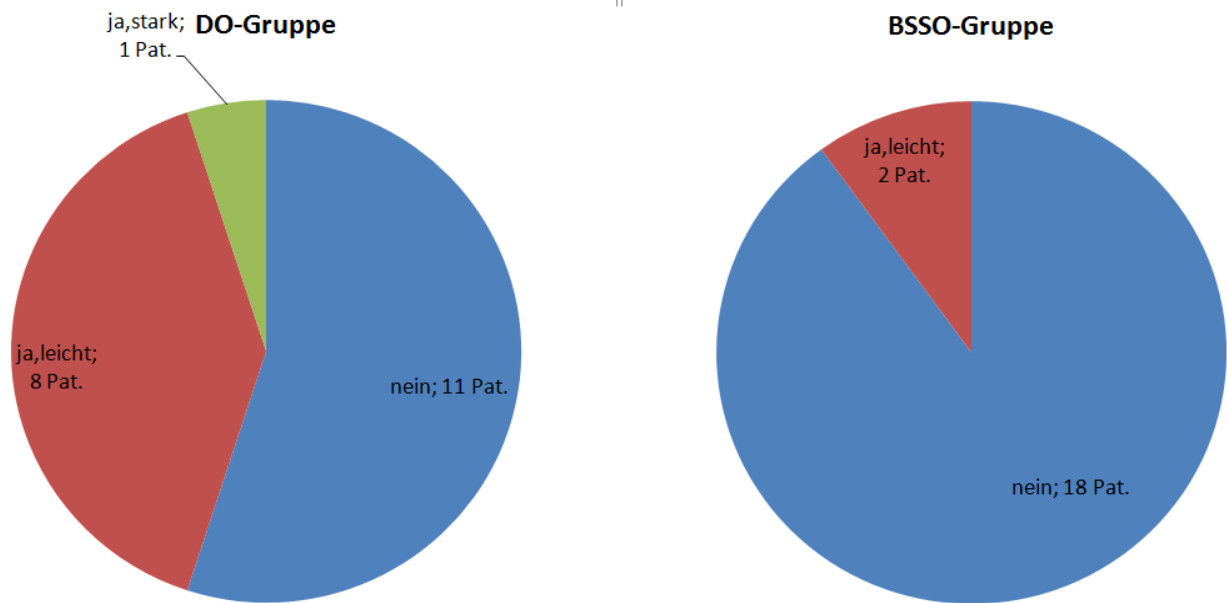


Abb. 3-33 Tortendiagramm der aktuellen präaurikulären Druckdolenz.

Bei der subjektiven Evaluation bezüglich Kiefergelenkschmerzen gaben in der DO-Gruppe zehn Patienten keine Schmerzen an, neun Patienten haben gelegentlich Schmerzen und ein Patient dieser Gruppe führte starke Schmerzen an. Im Vergleich dazu gaben 17 Patienten der BSSO-Gruppe Schmerzfreiheit und drei Patienten gelegentliche Schmerzen an. Kein Patient dieser Gruppe nannte starke Schmerzen (Abbildung 3-34).

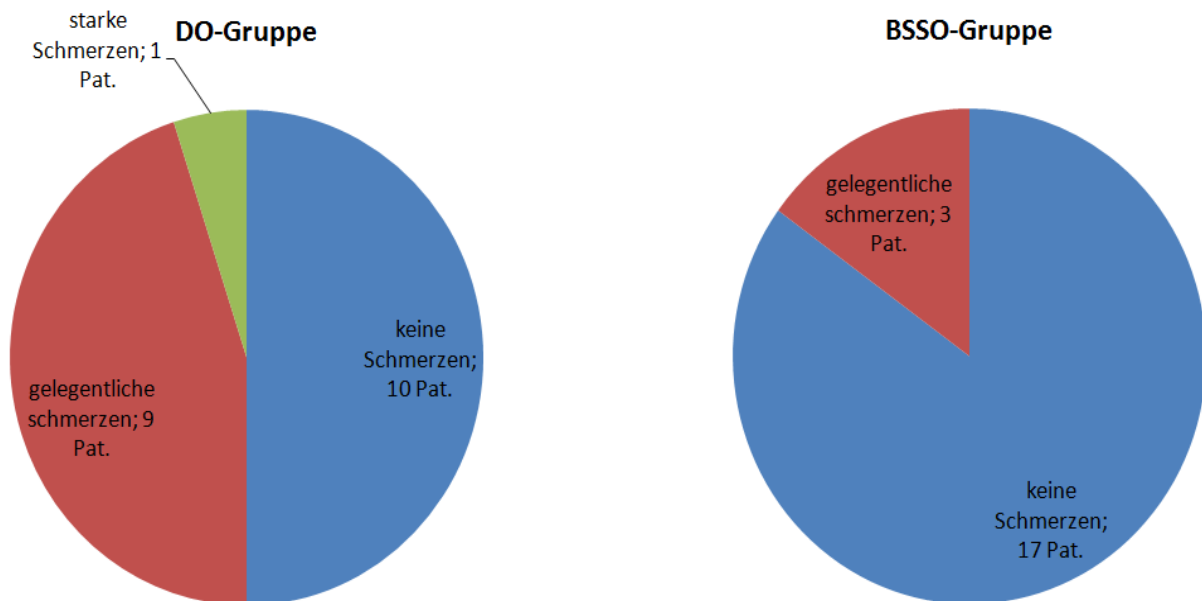


Abb. 3-34 Tortendiagramm der aktuellen subjektiven KG-Schmerzen.

### 3.4 Bewertung der Sensibilität der Unterlippe

#### 3.4.1 Subjektive Evaluation der Sensibilität

Bei der subjektiven Evaluation der Sensibilität der Unterlippe gaben in der DO- Gruppe zwölf Patienten eine ungestörte Sensibilität an, bei zwei Patienten war die Unterlippe subjektiv leicht taub und bei sechs Patienten taub. Im Vergleich dazu gaben acht Patienten der BSSO-Gruppe eine ungestörte Sensibilität der Unterlippe an, bei sieben Patienten war die Unterlippe subjektiv leicht taub und bei fünf Patienten taub. (Abbildung 3-35).

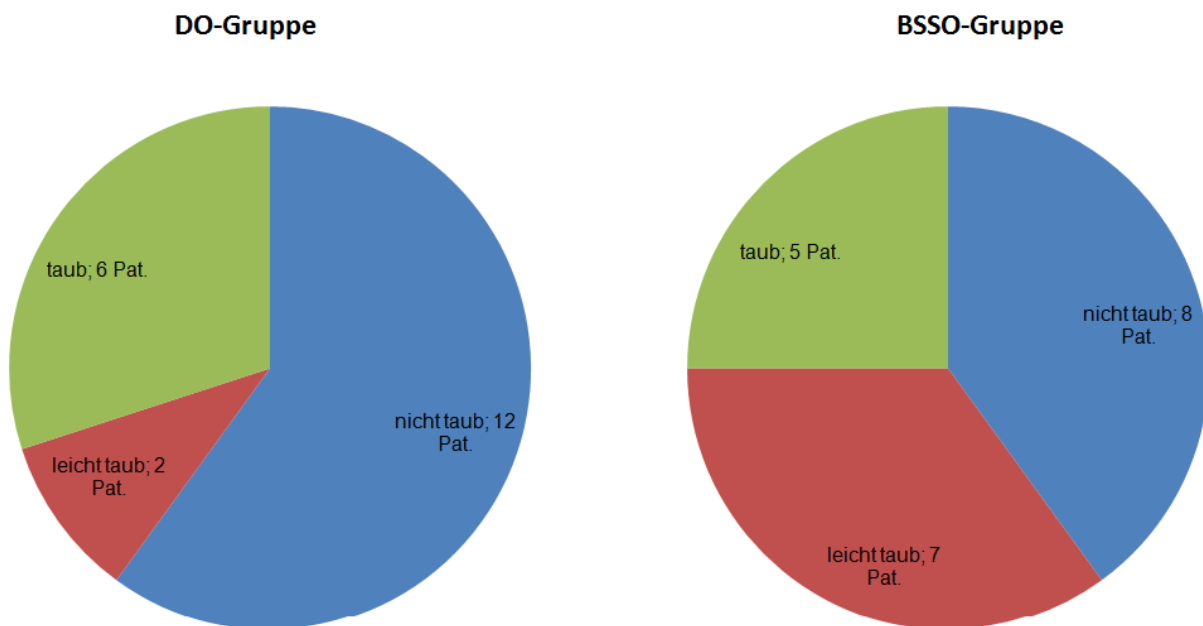


Abb. 3-35 Tortendiagramm der subjektiven Bewertung der Sensibilität der Unterlippe.

#### 3.4.2 Klinische Untersuchung der Sensibilität

##### 3.4.2.1 Thermosensibilität

Die Thermosensibilität der Unterlippe wurde für beide Seiten getrennt untersucht, der schlechteste Befund war für die Gesamtbeurteilung des Patienten maßgeblich. In der DO-Gruppe fand sich bei 16 Patienten eine sensible Unterlippe und bei vier Patienten war diese nur teilweise sensibel. Bei keinem Patienten dieser Gruppe war die Unterlippe nicht sensibel. Demgegenüber zeigte sich in der BSSO-Gruppe bei 13 Patienten die Unterlippe als sensibel, bei sechs Patienten war die Unterlippe nur teilweise sensibel und bei einem Patienten nicht sensibel (Abbildung 3-36).

## Ergebnisse

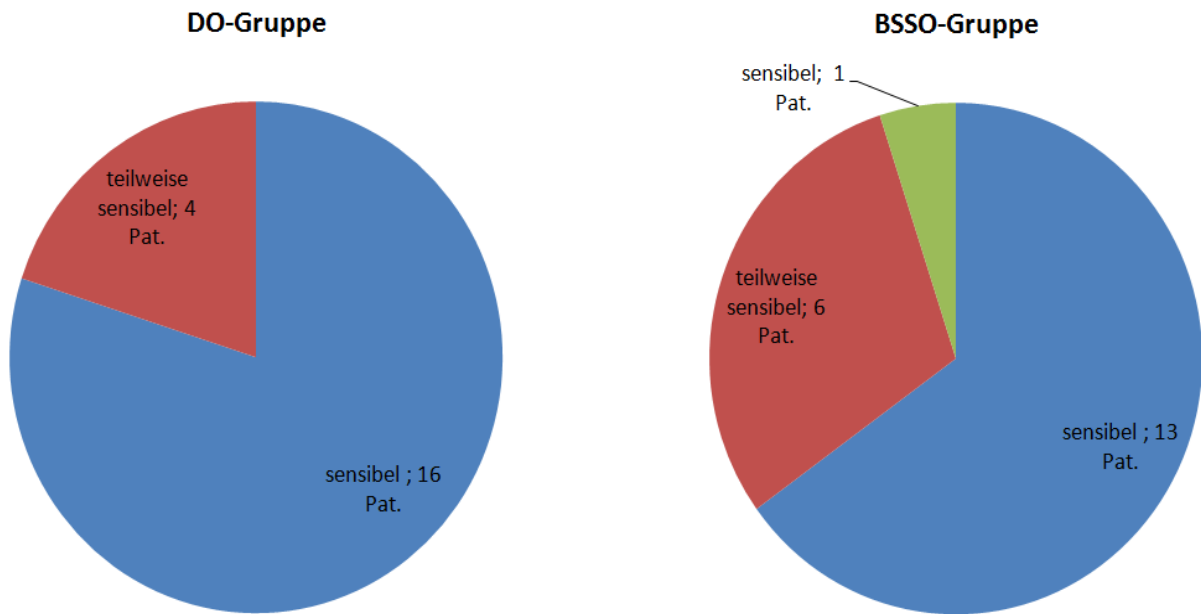


Abb. 3-36 Tortendiagramm der Thermosensibilität der Unterlippe.

### 3.4.2.2 Spitz-Stumpf-Test

Die Spitz-Stumpf-Sensibilität der Unterlippe wurde für beide Seiten getrennt untersucht, der schlechteste Befund war für die Gesamtbeurteilung des Patienten maßgeblich. In der DO-Gruppe fanden sich 13 Patienten mit einem positiven Spitz-Stumpf-Test, bei fünf Patienten war der Test nur partiell positiv und bei zwei Patienten fiel der Test negativ aus. Demgegenüber fand sich in der BSSO-Gruppe bei 13 Patienten der Spitz-Stumpf-Test positiv, bei fünf Patienten war der Test nur partiell positiv und bei zwei Patienten dieser Gruppe war der Test negativ (Abbildung 3-37).

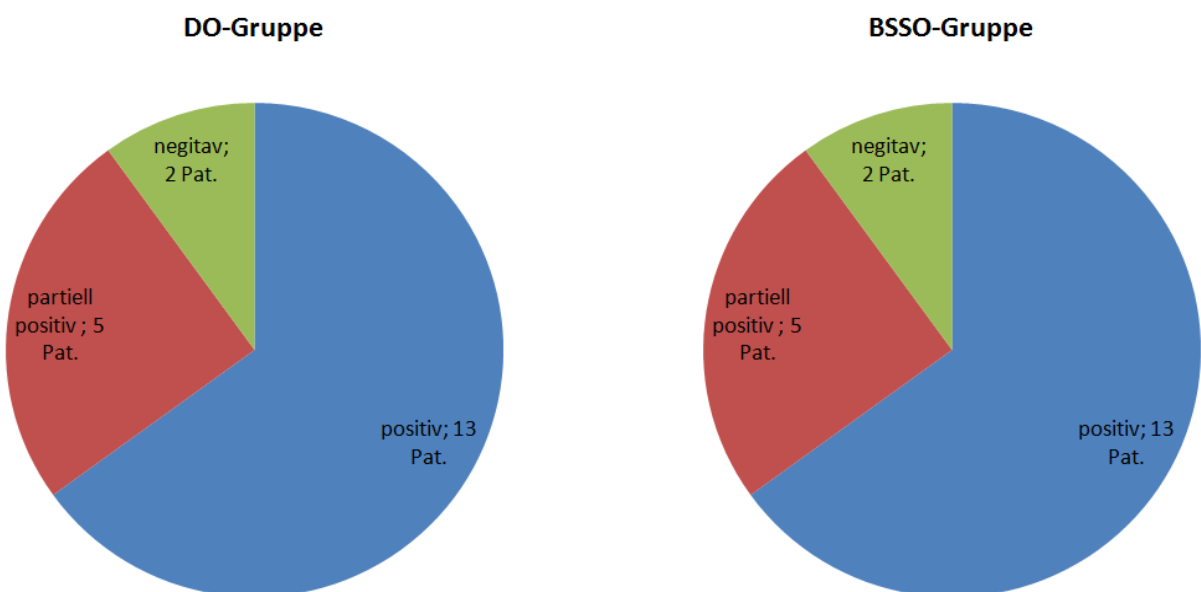


Abb. 3-37 Tortendiagramm des Spitz-Stumpf-Tests der Unterlippe.

## Ergebnisse

### 3.4.2.3 Zwei-Punkt-Diskrimination

Das Zwei-Punkte-Diskriminationsvermögen wurde untersucht. In der Gruppe der DO-Patienten betrug der Mittelwert der Zwei-Punkt-Diskrimination  $6,95 \text{ mm} \pm 3,6 \text{ mm}$ , wobei die kleinste Wahrnehmung der Zwei-Punkt-Diskrimination  $3 \text{ mm}$  und der größte Wert bei  $17,5 \text{ mm}$  lag. Im Unterschied dazu befand sich der Mittelwert der Zwei-Punkt-Diskrimination in der Gruppe der BSSO-Patienten bei  $7,02 \text{ mm} \pm 3,4 \text{ mm}$ . In dieser Gruppe betrug die kleinste Wahrnehmung der Zwei-Punkt-Diskrimination  $3,5 \text{ mm}$  und die größte Wahrnehmung  $14 \text{ mm}$ . Der Unterschied der Mittelwerte beider Gruppen war statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ), (Abbildung 3-38)

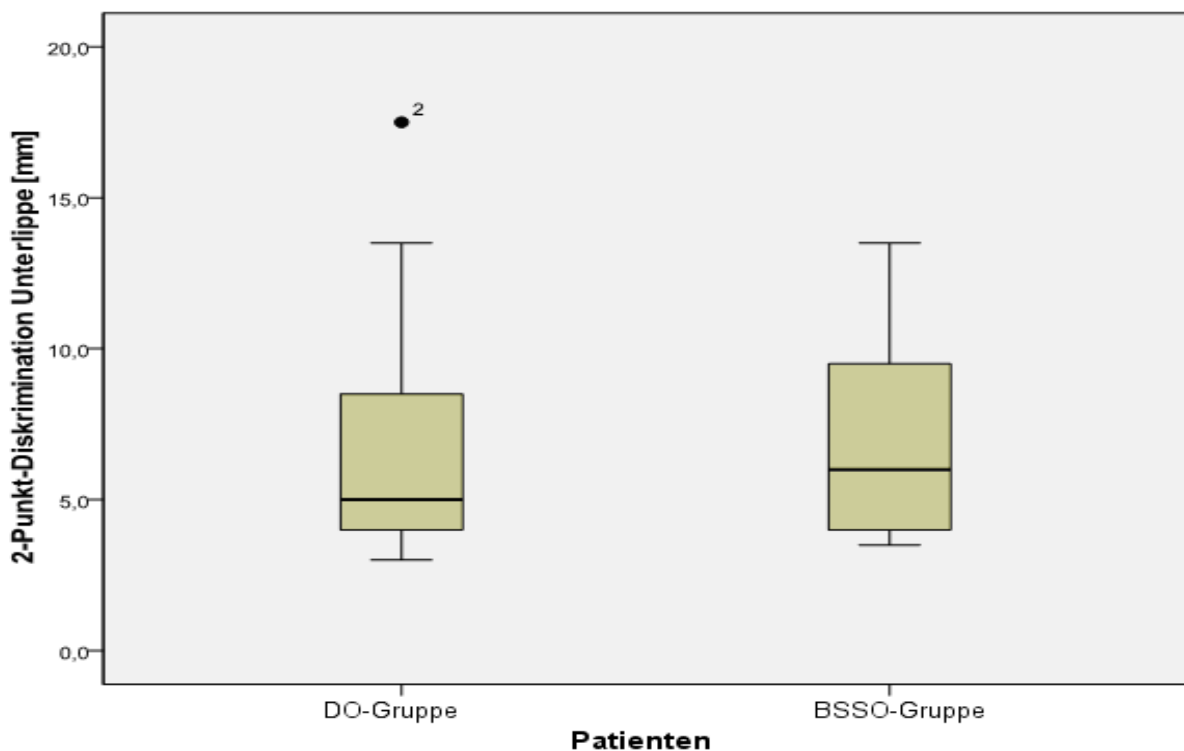


Abb. 3-38 Box-Plot-Graphik des Zwei-Punkt-Diskriminations-Tests der Unterlippe.

### 3.5 Subjektive Zufriedenheitsanalyse

#### 3.5.1 Bewertung der Kaufunktion

Die subjektive Bewertung der Kaufunktion wurde evaluiert. Auf die Frage, ob die Patienten heute besser kauen als vor der Operation, antworteten in der DO-Gruppe neun Patienten mit „besser“, sieben Patienten bemerkten keinen Unterschied und vier Patienten gaben an, dass sie heute schlechter kauen könnten als vor der Operation. In der BSSO-Gruppe antworteten 14 Patienten mit „besser“, sechs Patienten bemerkten keinen Unterschied. Kein Patient der BSSO-Gruppe gab an, dass er heute schlechter kauen könne als vor der Operation (Abbildung 3-39).

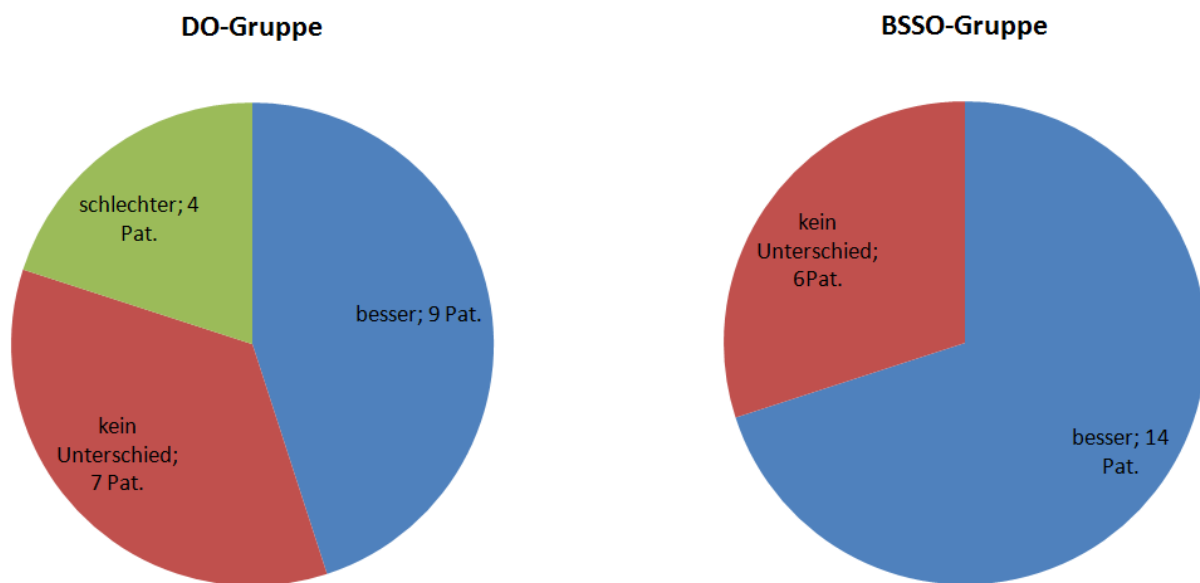


Abb. 3-39 Tortendiagramm der Kaufunktion.

#### 3.5.2 Beurteilung der subjektiven Zufriedenheit mit dem Profil

Die subjektive Zufriedenheit der Patienten mit dem postoperativ erreichten Gesichtsprofil wurde evaluiert. In der DO-Gruppe waren acht Patienten mit dem postoperativen Gesichtsprofil sehr zufrieden, neun Patienten waren zufrieden, ein Patient war mit dem aktuellen Gesichtsprofil unzufrieden. Zwei Patienten der DO-Gruppe haben keinen Unterschied im Gesichtsprofil bemerkt. Im Vergleich dazu waren in der BSSO-Gruppe 15 Patienten sehr zufrieden und fünf Patienten zufrieden (Abbildung 3-40).



## Ergebnisse

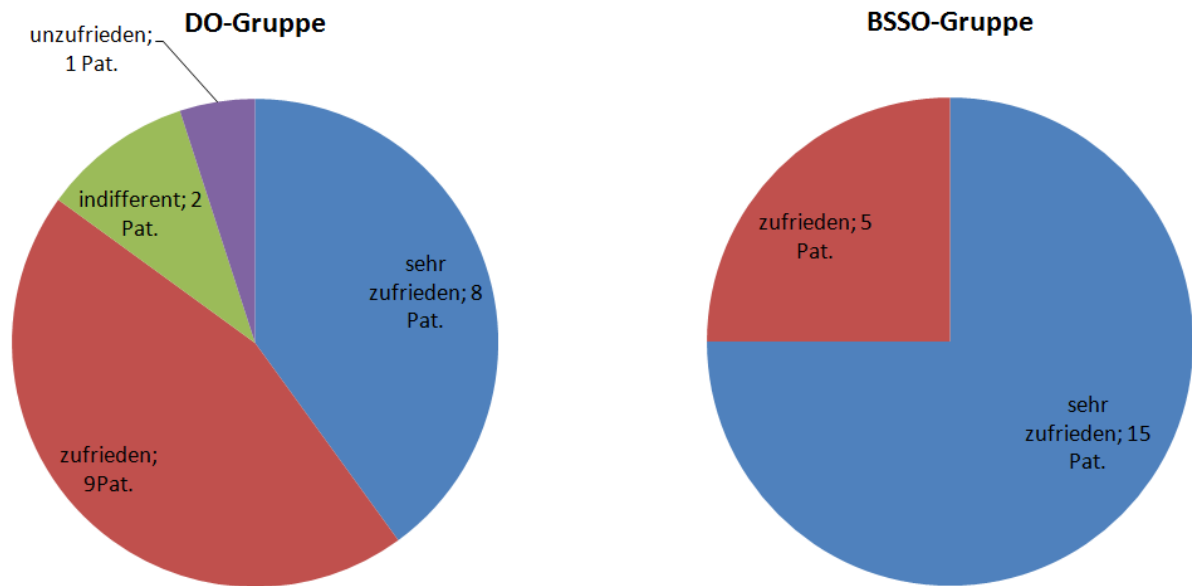


Abb. 3-40 Tortendiagramm der Zufriedenheit mit dem Profil.

### 3.5.3 Beurteilung der subjektiven Gesamtzufriedenheit mit der Behandlung

Die subjektive Gesamtzufriedenheit der Behandlung wurde evaluiert. Auf die Frage, „ob der Patient die Operation noch einmal durchführen lassen würde“, antworteten in der DO-Gruppe zwölf Patienten mit ja, sechs Patienten waren unentschieden und zwei Patienten würden eine Wiederholung der Operation ablehnen. Demgegenüber antworteten in der BSSO-Gruppe 13 Patienten mit ja, sechs Patienten waren unentschieden und ein Patient würde einer Wiederholung der Operation nicht zustimmen (Abbildung 3-41).

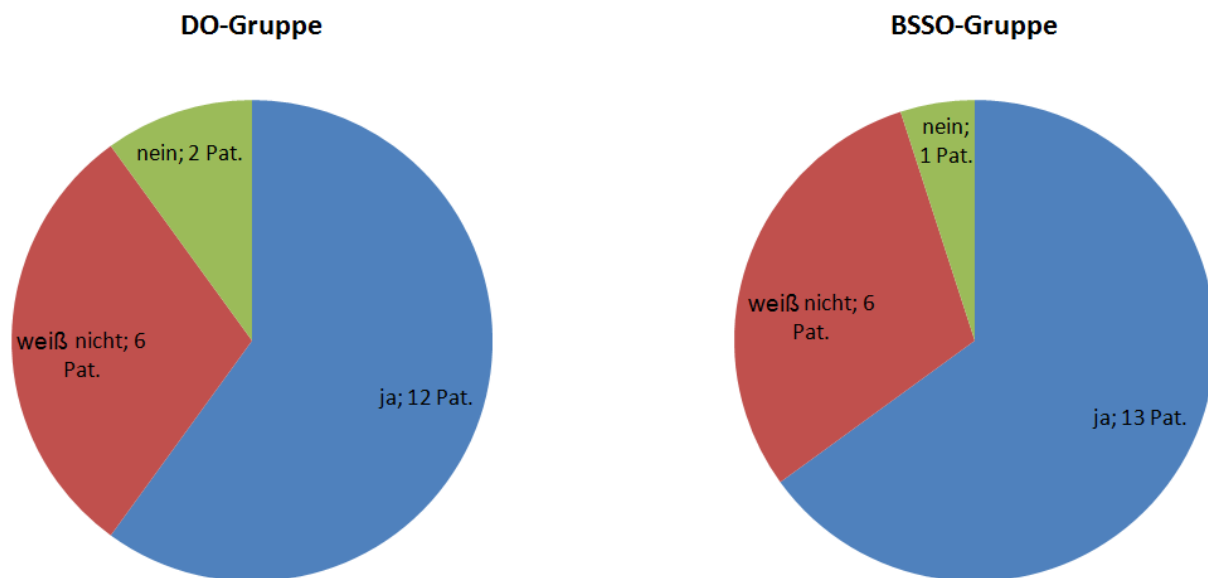


Abb. 3-41 Tortendiagramm der Entscheidung für eine Wiederholung der OP.

## Ergebnisse

Auf die Frage, „ob der Patient im langfristigen Verlauf nach der Operation eine Verschlechterung gemerkt hat“, antworteten in der DO-Gruppe fünf Patienten mit ja, sechs Patienten waren unentschieden und neun Patienten antworteten mit nein. Im Vergleich dazu antwortete in der BSSO-Gruppe ein Patient mit ja, sieben Patienten waren unentschieden und zwölf Patienten antworteten mit nein (Abbildung 3-42).

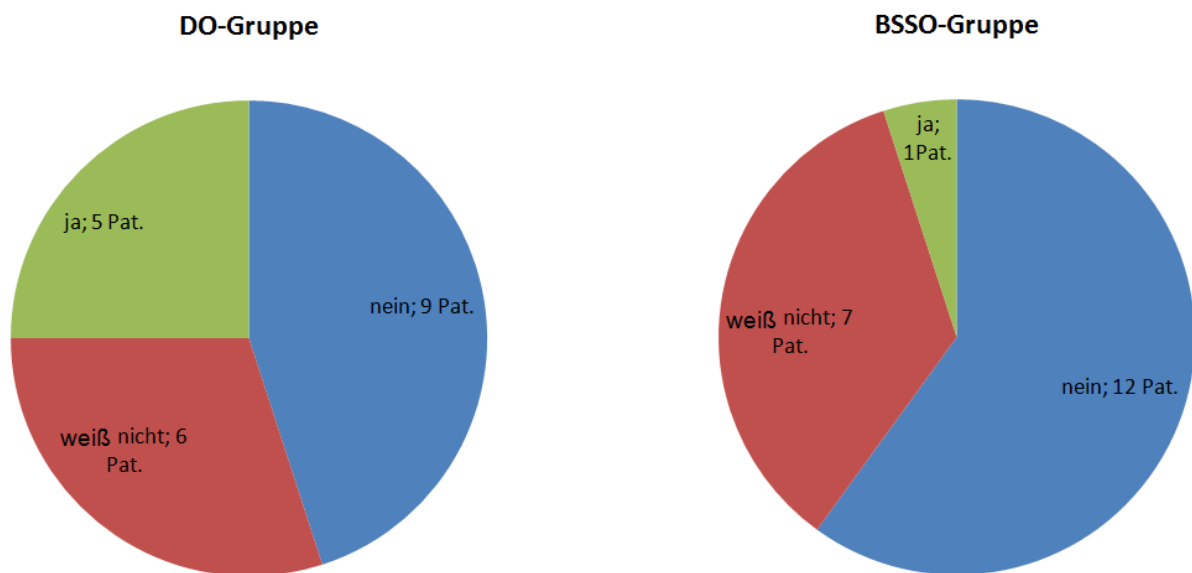


Abb. 3-42 Tortendiagramm der Verschlechterung der Ergebnisse.

## 4 Diskussion

Wie vorher erwähnt ist die mandibuläre Retrognathie (skelettale-Klasse II) eine der häufigsten Dysgnathieformen, die mit funktionellen und ästhetischen Problemen auftritt und eine kieferorthopädische bzw. kombinierte kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung erforderlich macht, um die Gesichtsästhetik zu verbessern und die Kieferfunktion wiederherzustellen. Sowohl die verbesserte Funktion als auch das ästhetischere Äußere sollen langfristig erhalten bleiben.

Durch die Fortschritte der operativen Techniken und die Einführung der stabilen Fixationen durch Osteosyntheseverfahren ist neben der unmittelbar verbesserten Funktionalität und der Ästhetik post operationem auch die Langzeitstabilität des gesamten stomatognathen Systems wesentlich verbessert worden (Hoffmeister 2006).

Das heute gängigste chirurgische Verfahren ist die sagittale Spaltung des Unterkiefers nach Obwegeser/Dal Pont, das in der Literatur ausführlich untersucht ist. Seit ihrer Einführung wurde die Distractionsosteogenese (DO) neben den konventionellen Methoden angewendet, um ausgeprägte Anomalien zu beseitigen.

Als Alternative zur klassischen chirurgischen Vorgehensweise nach Obwegeser/Dal Pont wurde in der Abteilung für Kieferchirurgie und Plastische Gesichtschirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité Berlin das von Prof. Dr. Dr. Bodo Hoffmeister aufgestellte floating bone concept etabliert. Für Patienten, die mit dieser Methode operativ behandelt wurden, sind allerdings keine Langzeitergebnisse vorhanden.

Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es daher, langfristige Ergebnisse der Unterkiefervorverlagerung durch die bilaterale enorale Unterkieferdistraction nach dem floating bone concept mit denen der einer bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (BSSO) nach einer durchschnittlichen Dauer von zehn Jahren zu vergleichen.

Im folgenden Abschnitt werden die vorher dargestellten Ergebnisse diskutiert.

### 4.1 Patientenkollektiv

Aus dem operierten Patientenkollektiv nahmen an dieser Studie insgesamt 40 Patienten mit einem Distalbiss (Angle-Klasse II) bei mandibulärer Retrognathie teil. Alle Patienten hatten sich zwischen 1996 und 2000 am Universitätsklinikum Benjamin Franklin einer Vorverlagerung des Unterkiefers durch bilaterale enorale Unterkieferdistraction nach dem floating bone concept (20 Patienten) bzw. durch bilaterale sagittale Spaltosteotomie (20 Patienten) unterzogen, mit einem durchschnittlichen Follow-up von ca. zehn Jahren. Die Patienten wurden einbestellt und in einem späteren

## Diskussion

Anschreiben gebeten, einen Termin zur Nachuntersuchung in der kieferchirurgischen Ambulanz im Charité Campus Benjamin Franklin zu vereinbaren. Alle untersuchten Patienten hatten einen Distalbiss bei mandibulärer Retrognathie (Angle-Klasse II) in unterschiedlicher Ausprägung ohne Syndrome oder Lippen-Kiefer-Gaumen-Spalten. Von den insgesamt 40 DO-Patienten folgten 20 Patienten unserer Bitte zur Nachkontrolle. Auch aus der größeren Kontrollgruppe, der BSSO-Gruppe, nahmen lediglich 20 Personen an der Nachkontrolle teil. Dies hängt einerseits damit zusammen, dass das Intervall zwischen der Operation und der Nachuntersuchung sehr lang war. Bei der DO-Gruppe betrug der Abstand zur Operation  $9,25 \pm 1,11$  Jahre, bei der BSSO-Gruppe  $10,8 \pm 1,15$  Jahre. Etliche Patienten waren nicht bereit, sich beschwerdefrei nach so langer Zeit erneut einer Nachuntersuchung zu unterziehen. Andererseits konnten wir viele Patienten trotz intensiver Melderegisterrecherche nicht erreichen. Ferner konnten einige Patienten die Termine nicht wahrnehmen, da die Uhrzeiten, zu denen die Untersuchungen stattfanden, von den Patienten nicht koordinierbar waren. Von einigen Patienten erhielten wir nach mehrmaligem Anschreiben keine Rückantwort oder aber eine Antwort von Verwandten, dass der Patient im Ausland sei oder in einer anderen Stadt wohne. Dennoch waren wir bemüht, die Patienten telefonisch zu kontaktieren und für die Teilnahme an der Nachsorge zu motivieren.

Die Mehrheit der Patienten war weiblich: 70 % der DO-Gruppe und 75 % der BSSO-Gruppe. Das ergab sich schon aus diversen anderen Studien (Watzke et al. 1990; Mobarak et al. 2001; Ow et al. 2010a). Dies könnte dadurch zu erklären sein, dass Frauen im Allgemeinen ein größeres Interesse an einer optimalen Gesichtsästhetik haben als Männer und folglich eine größere Motivation und höhere Bereitschaft zeigen, nicht nur den Aufwand und die möglichen Komplikationen dieser elektiven Operation in Kauf zu nehmen, sondern auch der Einladung zur Nachuntersuchung zu folgen.

Das Durchschnittsalter der Patienten war in beiden Gruppen ähnlich. Bei der DO-Gruppe betrug es  $30,3$  Jahre  $\pm 9,99$  Jahre, bei der BSSO-Gruppe  $31,2$  Jahre  $\pm 8,25$  Jahre. In der DO-Gruppe befanden sich zwei minderjährige Frauen von 14 bzw. 15 Jahren. Dies spricht für die Indikation der Distraction bei Patienten im Wachstumsalter. Anzumerken ist, dass vier DO-Patienten und drei BSSO-Patienten am Tag der Operation älter als 40 Jahre waren; das lässt darauf schließen, dass die Behandlung auch in fortgeschrittenem Alter durchgeführt werden kann, wenn der Patient motiviert und kooperativ ist.

## Diskussion

In vorliegender Studie wurden die Patienten mit mandibulärer Retrognathie mit einer Vorverlagerung von 5 mm zur Nachuntersuchung gebeten.

Die Vorverlagerungsstrecke bei den DO-Patienten war deutlich größer als bei BSSO-Patienten. Das zeigt die Notwendigkeit der Distractionsosteogenese bei ausgeprägten Anomalien von mehr als 9 mm. Bei durchschnittlichen Anomalien kann neben der BSSO jedoch auch die DO durchgeführt werden.

Ausgehend von der Ausgangssituation und dem Grad der Anomalie erfolgen die richtige Planung der Behandlung und die Bestimmung der Notwendigkeit einer mono- bzw. bimaxillären Umstellung mit oder ohne Kinnplastik.

Die Le-Fort-I-Osteotomie war bei sieben DO-Patienten und bei einem BSSO-Patienten notwendig, um den Oberkiefer in die richtige Lage zu befördern und die Vorverlagerungsstrecke auf beide Kiefer zu verteilen.

In beiden Untersuchungsgruppen gab es Patienten, bei denen eine Kinnplastik aus ästhetischen Gründen durchgeführt wurde.

### **4.2 Langzeitige skelettale Stabilität**

Die Hauptfragestellung dieser retrospektiven Studie war ein Vergleich der langfristigen skelettalen Stabilität nach der Unterkiefervorverlagerung durch eine bilaterale enorale Unterkieferdistraction nach dem floating bone concept mit der langfristigen skelettalen Stabilität nach einer bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (BSSO). Betrachtet man die Literatur, so findet sich bis dato keine vergleichbare Untersuchung über die Langzeitergebnisse des floating bone concepts. Nur wenige Studien haben sich mit diesem Konzept beschäftigt (Palmer 1998; Tsouloukidse 2002; Suhr et al. 2004; Başçiftçi et al. 2009), einige Studien berichteten über langzeitige klinische Erfahrungen mit der Distractionsosteogenese (Molina 2009; McCarthy et al. 2000).

Aufgrund der geringen Studienzahl, die das DO- und das BSSO-Verfahren miteinander vergleichen – wobei keine Studie Langzeitergebnisse der beiden Verfahren miteinander vergleicht –, wurden unsere Ergebnisse mit denen der Langzeitstabilität von DO und denen der Langzeitstabilität von BSSO verglichen.

Stabilität und Rezidiv nach Unterkiefervorverlagerung durch die bilaterale sagittale Spaltosteotomie sind in zahlreichen Studien untersucht worden, die Ursache für ein Rezidiv und die begünstigenden Faktoren sind ausführlich diskutiert. Daher wurden unsere Ergebnisse für die BSSO-Gruppe diskutiert und mit der Literatur verglichen, anschließend wurde die Langzeitstabilität der DO-Gruppe unter Berücksichtigung der

## Diskussion

die Langzeitstabilität nach BSSO beeinflussenden Faktoren bzw. nach der Distractionsosteogenese und dem floating bone concept in Betracht gezogen.

Nicht nur die unterschiedlichen Messmethoden und verschiedene Stabilitätsparameter, sondern auch die unterschiedliche Definition des Rezidivs tragen zu der in vielen Studien gezeigten großen Varianz der prozentualen Anteile an Rezidiven bei. Darüber hinaus wird das Rezidiv manchmal in Relation zum Messfehler und zur klinischen Relevanz gesetzt.

Hinsichtlich des Rezidivs ist zwischen Früh- und Spätrezidiv zu unterscheiden.

Während das Frührezidiv in dieser Studie nicht berücksichtigt wurde, wurde das Spätrezidiv, das zwischen der Materialentfernung und der letzten Nachuntersuchung der BSSO-Gruppe bzw. zwischen Abschluss der kieferorthopädischen Nachbehandlung (DO-Gruppe) und der letzten Nachuntersuchung der Patienten stattfand, untersucht.

Während die meisten veröffentlichten Studien das skelettale Rezidiv nach nur ein bis zwei Jahren postoperativ beschreiben, eruieren nur wenige Studien die Langzeitstabilität nach der Vorverlagerung des Unterkiefers über mehrere Jahre (Bouwman et al. 1997; Eggensperger et al. 2006). Im Vergleich dazu betrug der durchschnittliche Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung in den vorliegenden Studien für die DO-Gruppe acht bis elf Jahre (9,25 Jahre  $\pm$  1,11 Jahre) und für die BSSO-Gruppe neun bis 13 Jahre (10,8 Jahre  $\pm$  1,15 Jahre). Eggensperger et al. untersuchten die Langzeitstabilität zwölf Jahre postoperativ und stellten einen deutlichen Unterschied im Auftreten von Rezidiven zwischen den Patienten mit einer hohen und denjenigen mit einer niedrigen Mandibularebene fest. In der Gruppe der Patienten mit hoher Mandibularebene traten 70 % des gesamten Skelettrezidivs zwischen einem Jahr und zwölf Jahren postoperativ auf, während bei Patienten mit niedriger Mandibularebene der Prozess des Skelettrezidivs nach dem ersten Jahr der Beobachtung endete (Eggensperger et al. 2006). Bouwman et al. zeigten ein Rezidiv von 3 % nach einer Vorverlagerung des Unterkiefers mit Drahtfixation nach einem Jahr, das sich über die folgenden 6,3 Jahre um ein zusätzliches Rezidiv von 1,5 % erweiterte (Bouwman et al. 1997). Simmons et al. stellten ein Rezidiv von 7 % nach Vorverlagerung des Unterkiefers mit Drahtfixierung nach einem Jahr fest, das sich über die folgenden fünf Jahre um weitere 2 % fortsetzte (Simmons et al. 1992). Ebenso verglichen Dolce et al. die postoperativen dentalen und skelettalen Veränderungen nach Unterkiefervorverlagerung mittels Drahtfixierung bzw. rigider Fixation fünf Jahre nach der Operation (Dolce et al. 2002). Joss und Thüer untersuchten in einer

## Diskussion

longitudinalen Follow-up-Studie die langfristigen Auswirkungen auf die skelettale Stabilität nach mandibulärer Vorverlagerung durch BSSO. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Strecke der Vorverlagerung des Unterkiefers für das langfristige Rezidiv verantwortlich war, wobei das skelettale Rezidiv 12,7 Jahre postoperativ zu 50 % am Punkt B und zu 60 % am Pogonion der Vorverlagerungsstrecke lag. Demgegenüber fanden 33 % des totalen Rezidivs zwischen fünf Tagen und 13,9 Monaten postoperativ statt (Joss et al. 2008).

In einer aktuellen Studie mit 36 mittels BSSO operierten Patienten mit einer mandibulären Retrognathie, die über 13 Jahre kontrolliert wurden, stellten Moen et al. fest, dass die Unterkiefervorverlagerung durch BSSO im Laufe der Zeit eine relativ stabile Technik darstellt. Das durchschnittliche Rezidiv des Overjets betrug 2,3 mm nach 13 Jahren und wies im Laufe der Zeit ein kontinuierliches Muster auf. Die kephalometrischen Variablen zeigten geringfügige Änderungen während des Follow-up, was darauf hinweist, dass das Rezidiv hauptsächlich dentalen und nicht skelettalen Ursprungs ist (Moen et al. 2011).

Das Rezidiv wird als multifaktorielles Phänomen betrachtet, für das in der Literatur verschiedene Ursachen geltend gemacht werden (Mobarak et al. 2001; Tucker 2002; Serafin et al. 2007; Joss et al. 2009; Vos et al. 2009). Potentielle Faktoren für das Rezidiv sind laut Literatur die große Mandibularebene, 'long face' (Gassmann et al. 1990; Bouwman et al. 1994; Bouwman et al. 1997; Mobarak et al. 2001) und eine ausgeprägte Vorverlagerungsstrecke (Dimitroulis 1996; Van Sickels et al. 2000; Tucker 2002; Ow et al. 2010a).

Die Rolle der großen Mandibularebene (long face) beim Auftreten des Rezidivs hängt eventuell mit dem hohen myoskelettalen Gleichgewicht und der Rotation gegen den Uhrzeigersinn des Unterkiefers während der Vorverlagerung zusammen (Schreuder et al. 2007). Hierbei kommt es zu einem offenen Biss während der ausgeprägten Vorverlagerung des Unterkiefers; es ist notwendig, das distale Segment gegen den Uhrzeigersinn rotieren zu lassen, um eine richtige Okklusion zu erzielen (Moore et al. 1991; Frey et al. 2007; Ow et al. 2009), was wiederum das perimandibuläre myoskelettale Gleichgewicht beeinflusst.

Darüber hinaus zeigen Patienten mit einer großen Mandibularebene eine stärkere Neigung zu postoperativer condylärer Resorption (Moore et al. 1991; Hoppenreijns et al. 1998), welche als Ursache für das Langzeitrezidiv gilt und im Folgenden diskutiert wird.

## Diskussion

Mobarak et al. untersuchten 61 Patienten drei Jahre nach einer Vorverlagerung des Unterkiefers. Bei Patienten mit großer Mandibularebene betrug das Rezidiv bei dem Pogonion 36 %, bei Patienten mit geringer Mandibularebene nur 27,6 %. Bei den Patienten mit einer geringen Mandibularebene wurde das Rezidiv vor allem während der ersten beiden Monate nach der Operation festgestellt, während sich bei Patienten mit großer Mandibularebene ein kontinuierliches Rezidiv zeigte (Mobarak et al. 2001). Nach einer retrospektiven Studie mit 50 Patienten berichteten Van Strijen et al. von einer höheren Rezidiv-Inzidenz innerhalb der ersten sechs bis zwölf Monate nach der Operation bei DO-Patienten mit einer großen Mandibularebene im Vergleich zu denjenigen mit einer kleinen oder normalen Mandibularebene, während bei Patienten mit einer normalen Mandibularebene im gleichen Zeitraum eine solide Stabilität beobachtet wurde. In dieser Studie konnte nicht festgestellt werden, dass die condyläre Resorption der Grund für das Rezidiv war (van Strijen et al. 2004).

In der vorliegenden Studie wurde für keine der beiden Gruppen ein Zusammenhang zwischen der Mandibularebene und dem Langzeitrezidiv festgestellt. Ow und Cheung berichteten von einem durchschnittlichen Rezidiv von 29,6 % ein Jahr nach der Operation bei BSSO-Patienten mit großer Mandibularebene gegenüber einem Rezidiv von 11,3 % ein Jahr nach der Operation bei BSSO-Patienten mit normaler Mandibularebene nach mandibulärer Vorverlagerung zwischen 6 mm und 10 mm (Ow et al. 2009), während sich bei DO-Patienten ein durchschnittliches Rezidiv von 5,45 % zeigte, obwohl fünf von sechs untersuchten Patienten eine große Mandibularebene aufwiesen (Ow et al. 2010a).

Bei der ausgeprägten Vorverlagerungsstrecke kommt es durch die überstreckte Muskulatur und die akute Spannung des perimandibulären Weichgewebes zu einem nach unten hinten gerichteten Zug (Borstlap et al. 2004c; Tucker et al. 2007). Hierbei ist darauf zu achten, die Adaptationsfähigkeit der Muskulatur bezüglich des Ausmaßes der Verlagerung nicht zu überschreiten.

Die o. g. Faktoren hinsichtlich des Rezidivs bei einer Distractionsosteogenese und des floating bone concepts können wie folgt diskutiert werden:

Als Alternative zur konventionellen Osteotomie bei Anomalien, die eine große Vorverlagerungsstrecke benötigen, wurde die Distractionsosteogenese vorgestellt. Im Gegensatz zur BSSO ermöglicht die graduelle Vorverlagerung des Unterkiefers durch die Distractionsosteogenese die schrittweise Ausdehnung der suprahyoidalen Muskulatur und des paramandibulären Weichteilmantels durch den Prozess der



## Diskussion

Weichgewebe-Histiogenese (Ow et al. 2010a). Hierbei regenerieren sich nicht nur die Knochen, sondern auch Periost, Kaumuskulatur, Unterhaut und Haut.

Infolge der schrittweisen Ausdehnung des Weichgewebes erfolgt die langsame Anpassung an die neue Position des Unterkiefers während der Distraktions- und Konsolidierungsphase mit weniger postoperativen Veränderungen (Tucker 2002). Trotzdem ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass bei denjenigen DO-Patienten, die mit dem floating bone concept behandelt worden sind, eine Überkorrektur in einen Kopfbiss oder sogar Mesialbiss notwendig war, um eine geringe Kallusschrumpfung nach Beendigung der Distraction wieder auszugleichen. Viele Autoren haben die Überkorrektur entweder selbst durchgeführt oder aber empfohlen (Palmer 1998;Ow et al. 2010a). Von anderen wurde das floating bone concept zwar durchgeführt, jedoch ohne eine Überkorrektur vorgenommen zu haben (Samchukov et al. 2001; van Strijen et al. 2004; Breuning et al. 2005). Breuning et al. haben das floating bone concept verwendet, um den sich während der Distraction entwickelten Biss zu schließen. Sie berichteten, dass dieses Verfahren zunächst in allen Fällen erfolgreich war. Allerdings war die Schließung des Bisses nicht dauerhaft (Breuning et al. 2004).

Einige Autoren haben das floating bone concept abgelehnt. Triaca ist der Meinung, dass es einige Nachteile hat, u. a. kritisiert er, dass die compliance der Patienten keine Elastics zulässt. Darüber hinaus könnten Elastics in Klasse II eine anteriore Positionierung der Condylen bewirken, weshalb Triaca den frontoffenen Biss mit einem multiaxialen Distraktor behandelte (Triaca et al. 2001) .

Mommaerts, als Gegner des floating bone concepts, behauptete, dass die Vektorkontrolle die einzig akzeptable Distraktionsmöglichkeit während der Behandlung mit dem MD-DOS-Gerät sei (Mommaerts 2001).

Allerdings ermöglichen die frühe Entfernung des Distraktors und der sorgfältige Gummizug des Unterkiefers in die korrekte Position eine bessere Adaption des Perimandibulärgewebes.

Bezüglich der Rotation des Unterkiefers stellte das floating bone concept eine Lösung für den entstehenden offenen Biss dar und verbessert damit möglicherweise das perimandibuläre myoskelettale Gleichgewicht.

Hinsichtlich der komplexen individuellen Funktionalität des stomatognathen Systems erschwert sich die Analyse der für eine Rezidivneigung verantwortlichen Faktoren. Ein Aspekt wäre die Applikation von Botulinumtoxin, das die Hyperaktivität der paramandibulären Muskulatur mindern und zunächst das Rezidiv verhindern soll

## Diskussion

(Hoffmeister 2006), jedoch fehlt eine prospektive Studie darüber, unter welchen Bedingungen diese Substanz zu verabreichen ist und welchen Einfluss sie auf die langfristige Stabilität ausübt.

Die Resorption des Condylus nach Vorverlagerung des Unterkiefers wird von vielen Autoren als Ursache für ein Langzeitrezidiv gewertet (Hoppenreijns et al. 1999b; Sickels et al. 2002; Borstlap et al. 2004c; Serafin et al. 2007; Ow et al. 2010a). Die Inzidenz liegt je nach Studie zwischen 2,3 % und 7,7 % der operierten Patienten (Van Sickels et al. 1996). Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass der Unterschied zwischen einem Umbau des Condylus (remodelling) und einer condylären Resorption nach einer BSSO relevant ist, da eine condyläre Resorption in allen Fällen zum Rezidiv führt, während das bei einem condylären Umbau nicht unbedingt der Fall ist (Borstlap et al. 2004b). Da der Condylus weder am Orthopantomogramm noch am Fernröntgenseitenbild zuverlässig beurteilt werden konnte, wurde der Condylus in dieser Studie nicht näher untersucht. Trotzdem konnte bei keinem Patienten eine deutliche condyläre Resorption festgestellt werden.

Während der Distraktionsosteogenese verlagern sich der Condylus superior und der posterior in die Fossa. Ähnlich ist die Situation bei BSSO, die Verlagerung des Condylus führt zu einer ungünstigen Belastung des Condylus und des Diskus und kann in Folge zu einer condylären Resorption führen, wenn die Anpassungsfähigkeit des Condylus überschritten ist (Ow et al. 2010b). Einige Autoren haben überlegt, ob die Resorption eine Folge der Kompression des Condylus gegen die Fossa sein könnte (Kerstens et al. 1990; Huang et al. 1997). Die Belastung auf dem Gelenk scheint bei der DO im Vergleich zur BSSO geringer zu sein. Der Grund dafür könnte darin liegen, dass die graduelle Ausdehnung des Unterkiefers unter der Berücksichtigung der Rate und des Rhythmus der Distraktion eine bessere physiologische Anpassung des Condylus erlaubt (McCormick et al. 1995a; McCormick et al. 1995b). Trotzdem wurde die condyläre Resorption auch bei DO-Patienten beobachtet (van Strijen et al. 2001; Azumi et al. 2004; Ow et al. 2009).

Um festzustellen, ob die Resorption des Condylus Ursache für ein Langzeitrezidiv ist, wäre es notwendig, eine prospektive Studie mit Hilfe von Computertomogrammen durchzuführen, um die Condylenform prä- und postoperativ bzw. über einen langen Zeitraum vergleichen zu können.

Es wird vermutet, dass die langzeitige Belastung des Gelenks durch die frühe Entfernung des Distraktors bei dem „floating bone concept“ vermieden werden kann.

## Diskussion

Hierbei übt der intermaxilläre Gummizug durch den Kieferorthopäden die Zugkräfte auf den noch weichenden/weichen Knochen aus und nicht auf das Gelenk.

Ow und Cheung meinen, dass die Verwendung der Gummibänder, die den Unterkiefer während der Aktivierungsperiode nach vorne ziehen sollen, das Risiko condylärer Resorption durch Verhinderung von Kompressionen des Condylus gegen die Fossa mindern kann (Ow et al. 2010a).

Als weiterer möglicher Faktor für die condyläre Resorption ist die sich gegen den Uhrzeigersinn drehende Rotation des proximalen Segments (des aufsteigenden Astes) zu betrachten (Eggensperger et al. 2006). Einige Autoren untersuchten die Lage des Unterkiefers nach der Vorverlagerung. Kundert und Hadjianghelou bemerkten, dass das proximale Segment dazu neigt, bei mandibulärer Vorverlagerung ventral zu rotieren (Kundert et al. 1980). In einer randomisierten klinischen Studie zeigten Van Sickels et al., dass das Rezidiv signifikant mit der Veränderung der Unterkieferastsinklination korreliert, welche wiederum mit der Kontrolle des proximalen Segments zusammenhängt (Van Sickels et al. 2000). Die sich gegen den Uhrzeigersinn (anteriore) bewegende Rotation des proximalen Segments kann aufgrund der veränderten muskulären Orientierung, Länge und Insertion zu Instabilität führen (Joss et al. 2009). Der muskuläre Zug bringt das proximale Segment in seine ursprüngliche Position zurück und führt zum Rezidiv.

Zur Beurteilung der Langzeitstabilität des aufsteigenden Astes des Unterkiefers hinsichtlich einer möglichen Rotation nach Distraction bzw. BSSO wurde die Positionsänderung des aufsteigenden Astes zephalometrisch vergleichend ausgewertet. Die Position des aufsteigenden Astes wurde durch den SN/Ar-Rtgh-Winkel gemessen. Dieser konstruierte Winkel beschreibt die Lage des im Kiefergelenk fixierten aufsteigenden Astes in Bezug zur unveränderten Schädelbasis. In dieser Studie wurde kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen ermittelt. Darüber hinaus wurde in vorliegender Untersuchung festgestellt, dass es keine wesentliche langzeitige Veränderung der Position des aufsteigenden Astes nach der Vorverlagerung des Unterkiefers gibt (weniger als  $1^\circ$  bei BSSO-Patienten und weniger als  $2^\circ$  bei DO-Patienten).

In einer retrospektiven Studie mit 35 Patienten stellte Mommaerts nach sagitaler Split-Osteotomie (Obwegeser/Dal Pont) nach einem Jahr eine ventrokraniale Rotation des aufsteigenden Astes (Obwegeser/Dal Pont) von  $5,2^\circ$  fest (Mommaerts et al. 1990), während eine andere retrospektive Studie mit 18 Patienten eine ventrale Rotation des

## Diskussion

aufsteigenden Astes von  $3,3^\circ$  nach der Unterkieferdistraktion mit dem MD-DOS® Gerät ermittelte (Hendrickx et al. 1999).

Im Gegensatz dazu hat Tsouloukidse in seiner Dissertation von 2002 über die Langzeitstabilität des aufsteigenden Astes des Unterkiefers in einer Studie mit 30 Patienten, die sich einer Distraktionsosteogenese nach dem floating bone concept unterzogen hatten, nach Distraktion eine ventrokraniale Rotation des aufsteigenden Astes von durchschnittlich  $2^\circ$  aufgezeigt. Dies ist als eindeutiger Beweis für die Langzeitstabilität nach einem Jahr aufzufassen (Tsouloukidse 2002)

Der Unterschied zwischen den Ergebnissen der o. g. Untersuchungen und den hier vorliegenden Ergebnissen könnte durch die unterschiedlichen Bezugsebenen der Schädelbasis, der verschiedenen radiologischen Analyse-Programme und der ausgewählten Messpunkte und die Verwendung unterschiedlicher Geräte bedingt sein. Während Mommaerts mit der Frankfurter Horizontale arbeitete, wurde sowohl in Tsouloukidses Untersuchung als auch in der vorliegenden Studie die Bezugsebene als Linie zwischen Nasion und dem Sella-Mittelpunkt gewählt. Diese Punkte sind – mit minimaler Abweichung – immer klar zu erkennen. Außerdem gibt es gute Überlagerungsmöglichkeiten beim Aufeinanderlegen der Röntgenbilder.

In der Hierarchie der Stabilität der orthognathen Chirurgie ist die Vorverlagerung des Unterkiefers durch BSSO bei Patienten mit normaler oder niedriger Gesichtshöhe als eines der stabilsten Verfahren zu betrachten (Proffit et al. 1996). In einem Update der Hierarchie haben Proffit und sein Team herausgefunden, dass bei etwa 20 % der Patienten, die sich einer Vorverlagerung des Unterkiefers unterzogen hatten (mit oder ohne gleichzeitige Le-Fort-I-Osteotomie), die Unterkieferlänge und -raumhöhe zwischen einem und fünf Jahren nach der Behandlung wegen des remodelling des Condylus (Proffit et al. 2007) verkleinert waren.

Eine Studie von Vos zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Rezidiv der BSSO- und dem der DO-Gruppe, gemessen in einem Zeitraum zwischen zehn und 49 Monaten nach der Vorverlagerung des Unterkiefers ( $p > 0,05$ ). Ein Jahr nach der Unterkiefervorverlagerung gibt es keinen Unterschied zwischen der postoperativen Stabilität bei DO-Patienten und BSSO-Patienten (Vos et al. 2009).

Baas et al. untersuchten drei Jahre später dieselben Patienten, die in der Studie von Vos 2009 untersucht wurden, und fanden keinen Unterschied zwischen der postoperativen Stabilität bei DO-Patienten und BSSO-Patienten vier Jahre postoperativ (Baas et al. 2012).

## Diskussion

In einer randomisierten kontrollierten Studie von Ow und Cheung zeigt die DO- Gruppe ein Jahr nach der Unterkieferverlagerung von 6 bis 10 mm ein weniger horizontales und vertikales skelettales Rezidiv als die BSSO-Gruppe, es ist jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen gefunden worden (Ow et al. 2010a).

Obwohl das horizontale Rezidiv bei der DO-Gruppe größer war als bei der BSSO-Gruppe ( $P < 0,05$ ), war es in Bezug auf die Vorverlagerungsstrecke bzw. die erreichte Situation am Ende der kieferorthopädischen Behandlung zwischen den beiden Gruppen statistisch insignifikant ( $P > 0,05$ ). Die langfristigen Veränderungen des B-Punktes, die bei einigen Patienten aufgetreten sind, lagen bei einigen Patienten außerhalb des Methodenfehlers ( $MF = 0,48 \text{ mm}$ ), trotzdem betrug das maximale horizontale Rezidiv nur bei zwei DO-Patienten zwischen 2 und 2,5 mm, bei den anderen Patienten betrug es weniger als 2 mm, was keine klinische Signifikanz darstellt (Mobarak et al. 2001; Dolce et al. 2002; Hoffmeister 2006; Proffit et al. 2007; Hoffmannova et al. 2008; Joss et al. 2009).

Zur Ergänzung der Beurteilung der Stabilität bzw. des Rezidivs durch die metrische Messung wurde die Veränderung des SNB-Winkels bestimmt, der die sagittale Lage des Unterkiefers zur vorderen Schädelbasis darstellt. Ähnlich zum horizontalen Rezidiv war die Änderung des SNB-Winkels bei DO-Patienten größer als bei BSSO- Patienten ( $P = 0,04$ ). Trotzdem war der Unterschied des prozentualen horizontalen Rezidivs des SNB-Winkels bezüglich erreichter operativer Vergrößerung des SNB-Winkels durch die Vorverlagerung ( $SNB2-SNB1$ ) zwischen der DO- und der BSSO-Gruppe statistisch nicht signifikant  $p = 0,3$  ( $p > 0,05$ ). Bis auf einen DO-Patienten, bei dem das Rezidiv  $1,6^\circ$  betrug, betrug es bei allen anderen weniger als  $1,5^\circ$ .

Der Einfluss der Le-Fort-I-Osteotomie auf die horizontale Stabilität des Unterkiefers wurde in dieser Studie nicht berücksichtigt. In der Fachliteratur wird jedoch kontrovers diskutiert, ob die monomaxilläre oder die bimaxilläre Osteotomie stabilere Ergebnisse zeitigt.

Es wird angenommen, dass die Verteilung der Vorverlagerungsstrecke auf beide Kiefer, vor allem durch die kompetente Beherrschung der Operationstechnik und die Entwicklung der Osteosynthese, zur Reduktion der Rezidivraten führt (Hoffmeister 2006). Außerdem erlaubt die bimaxilläre Umstellung, die Fehlpositionierung in den beiden Kiefern auszugleichen.

Die skelettale Bewegung des B-Punktes könnte durch die Impaktion des Oberkiefers beeinflusst werden, darüber hinaus bewirkt die Oberkieferimpaktion die Autorotation des Unterkiefers mit einer Verkleinerung der Mandibularebene und eine Veränderung der vorderen und hinteren Gesichtsproportionen. Dies hat zwar Vorteile hinsichtlich der Mechanik des masseter und des M. temporalis (Throckmorton et al. 1980), jedoch gleicht die Vorverlagerung des Unterkiefers wiederum die durch Oberkieferimpaktion erreichten mechanischen Vorteile aus (Zarrinkelk et al. 1996). Unklar ist, ob diese biomechanische Veränderung einen Einfluss auf die Stabilität des Unterkiefers ausübt (Ow et al. 2010a). Die vertikale Veränderung des B-Punktes fand sowohl in Richtung der Operation als auch in Richtung der Ausgangssituation statt. Dass die Veränderungen so gering waren, könnte an dentalen Veränderungen oder an Veränderungen im Bereich des Kiefergelenks liegen. Allerdings war das Rezidiv bei allen Patienten stets geringer als 2 mm, was keine relevante klinische Bedeutung hat.

### **4.3 Kiefergelenksfunktion und Mobilität des Unterkiefers**

Die Behandlung des Kiefergelenks nimmt hinsichtlich der komplizierten Ätiologie und schwierigen Behandlung von Kiefergelenkproblemen einen hohen Stellenwert in der kieferorthopädischen und kieferchirurgischen Behandlung ein. Ziel der Behandlung von Dysgnathien ist das reibungslose Funktionieren des Kiefergelenks und die gleichmäßige Verteilung der Belastung auf das stomatognathe System, damit ein ausgewogenes Zusammenspiel aller Faktoren möglich ist (Hoffmeister 2006). Jedoch können sich unerwünschte direkte und indirekte Nebenwirkungen der Behandlung auf Okklusion, Muskulatur und Gelenk auswirken sowie zu einer Beeinträchtigung nicht nur des Kiefergelenks, sondern des gesamten Kausystems führen. Die postoperativen Beschwerden sind nicht nur für den Patienten unangenehm, sondern auch für den Arzt. Es ist wichtig, darauf hinzuweisen, dass das Auftreten von postoperativen Kiefergelenksbeschwerden nicht zwangsläufig mit der chirurgischen Prozedur selbst in Zusammenhang steht (Bales et al. 1994; Bays et al. 2003).

Obwohl das Risiko einer condylären Nekrose bei Patienten mit mandibulärer Retrognathie post operationem erhöht scheint (Hoffmeister 2006), konnte die Nekrose in vorliegender Studie bei keinem Patienten beobachtet werden.

Das Nebenziel der vorliegenden Arbeit stellt die Beurteilung der Kiefergelenksfunktion und Mobilität des Unterkiefers nach einer DO- bzw. BSSO-Behandlung sowie ein Vergleich dieser Ergebnisse dar. Wie bei den meisten Untersuchungen beruht auch

## Diskussion

diese Studie hauptsächlich auf der subjektiven Einschätzung der Patienten hinsichtlich Mundöffnung, Kaufunktion und Kiefergelenkschmerzen. Ergänzend zu dieser subjektiven Bewertung erfolgten die Messung der Beweglichkeit des Unterkiefers und die Auswertung der präaurikulären Druckdolenz.

In Anbetracht der langen Studiendauer sowie der Komplexität von Kiefergelenkdysfunktionen, die multifaktorielle Ursachen haben können, wie etwa schwierige Lebensbedingungen, allgemeinen Stress und psychogene Erkrankungen, müssen Kiefergelenkdysfunktionen nicht zwangsläufig die Folge einer kieferchirurgischen Behandlung oder eines Eingriffs darstellen, sondern können u. U. von oben beschriebenen Faktoren begünstigt worden sein. So ist eine eindeutige Ursachenanalyse von Dysfunktionen kaum möglich. Einerseits gibt es nicht genügend Vergleichsstudien, auf deren Daten sich aufbauen ließe, andererseits stellte sich die mangelnde Informationsbereitschaft der Patienten bezüglich des präoperativen Zustands als erschwerend heraus.

In Bezug auf die Mundöffnung gaben zehn Patienten der DO-Gruppe (= 50 %) und 15 Patienten der BSSO-Gruppe (= 75 %) an, ihren Mund nach der Behandlung besser öffnen zu können. Drei DO-Patienten (= 15 %) und ein BSSO-Patient (= 5 %) stellten nach der Operation keine Veränderung fest. Sieben DO-Patienten (= 35 %) und vier BSSO-Patienten (= 20 %) stufte die Fähigkeit, ihren Mund zu öffnen, nach der Behandlung als schlechter ein.

Hinsichtlich Kiefergelenkschmerzen beim Kauen gaben zehn Patienten der DO-Gruppe (50 %) und 17 Patienten der BSSO-Gruppe (85 %) an, kein Schmerzen zu haben. Neun DO-Patienten (45 %) und drei BSSO-Patienten (15 %) haben gelegentlich Schmerzen und nur ein Patient der DO-Gruppe hat starke Schmerzen.

Obwohl die BSSO-Gruppe im Vergleich zur DO-Gruppe eine positivere Einschätzung bezüglich Mundöffnung und Kiefergelenkschmerzen zeigte, können aufgrund der geringen Patientenzahl (n = 20/pro Gruppe) nur eingeschränkte Schlussfolgerungen hinsichtlich der Behandlungsergebnisse getroffen werden.

Laut unserer Studie konnte in beiden Gruppen im Allgemeinen eine deutliche Verbesserung der subjektiven Einschätzung der Gelenkfunktion und der Mundöffnung erzielt werden, was mit den Ergebnissen anderer Autoren übereinstimmt (Throckmorton et al. 1995; Zarrinkelk et al. 1996; Oland et al. 2010).

In einer 2- bis 5-jährigen Follow-up-Studie mit 103 Patienten fanden Scheerlinck et al. heraus, dass 68 % der mit der BSSO operierten Patienten mit vorbestehender

## Diskussion

Kiefergelenksdysfunktion Anzeichen einer Verbesserung oder sogar eines vollständigen Rückgangs der Symptome erlebten. Nur 12 % der Patienten verspürten Schmerzen und Dysfunktionssymptome. In der Patientengruppe ohne vorbestehende Gelenksfunktion litten 13 % der Patienten noch nach zwei Jahren unter Muskelschmerzen, während 7 % der Patienten Anzeichen von Diskusstörungen aufwiesen. Es ist jedoch fraglich, ob diese Symptome auf den chirurgischen Eingriff zurückzuführen sind, denn es ist bekannt, dass Kiefergelenksdysfunktionen häufig in der hier behandelten Altersgruppe auftreten: Das Durchschnittsalter der Frauen betrug 25 Jahre, das der Männer 23 Jahre (Scheerlinck et al. 1994).

Feinermann et al. untersuchten in einem Zeitraum von zwei bis 9,5 Jahren 66 Patienten, die eine bilaterale sagittale Spaltosteotomie hinter sich hatten. 32 Patienten bekamen eine Drahtfixation, 34 Patienten eine rigide Fixation. Es gab keine nachweisbaren langfristigen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen in Bezug auf Mundöffnung, Krepitation und Kiefergelenkschmerzen. Während sich Kaumuskelaturschmerzen und Kiefergelenkknacken mit einer rigiden Fixation jedoch verbesserten, verschlechterten sie sich mit einer Drahtfixation (Feinerman et al. 1995). Nemeth hingegen stellte keinen Unterschied zwischen den beiden Fixierungsmethoden bezüglich der Langzeitwirkung (zwei Jahre) auf Kiefergelenksymptome fest (Nemeth et al. 2000).

Joss und Thüer fanden in einer Langzeitstudie über neurosensorische und funktionelle Störungen nach bilateraler sagittaler Spaltosteotomie heraus, dass die kraniomandibuläre Funktion 12,7 Jahre nach der Operation eine Restitution zeigt. Dysfunktionen wie Kiefergelenkknacken, Bruxismus und Schmerzen in Kiefergelenken und Muskeln sind nach einer BSSO weder erhöht noch vermindert. Im Gegenteil, sie entsprechen denen des Bevölkerungsdurchschnitts (Joss et al. 2007).

Borstlap et al. berichten vom Verschwinden der Symptome bei 56 % der Patienten, die eine vorbestehende Kiefergelenkdysfunktion hatten. Präaurikuläre Schmerzen reduzierten sich signifikant von 16,2 % präoperativ auf 9,9 % postoperativ (Borstlap et al. 2004a). Eine Studie von Egermark et al. fünf Jahre nach der Operation zeigt, dass eine kieferorthopädische und -chirurgische Behandlung von Fehlstellungen nicht nur einen positiven Einfluss auf Ästhetik und Kauvermögen hat, sondern auch zu einer Reduzierung der Symptome der Kiefergelenksdysfunktion führt (Egermark et al. 2000).

Bei der klinischen Beurteilung wiesen 65 % sowohl der DO- als auch der BSSO-Gruppe eine normale Mundöffnung auf ( $\geq 40$  mm), nur bei einem DO-Patienten war die



## Diskussion

Mundöffnung deutlich eingeschränkt. Dennoch ist kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen gefunden worden ( $P > 0,05$ ).

Die laterale Palpation des Kiefergelenks erfolgte präaurikulär 10 – 15 mm vor dem Tragus. Elf DO-Patienten (55 %) und 18 BSSO-Patienten (90 %) hatten keine präaurikuläre Druckdolenz. Acht DO-Patienten (40 %) und zwei BSSO-Patienten (10 %) hatten leichte Schmerzen. Nur ein DO-Patient (5 %) hatte eine starke präaurikuläre Druckdolenz.

Hinsichtlich der Mobilität des Unterkiefers wurde kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt, weder bei der Protrusion noch bei der lateralen Exkursion nach rechts und nach links.

In Bezug auf die seitlichen Bewegungen wurde bei je drei DO- bzw. BSSO-Patienten eine deutliche Einschränkung festgestellt, die Protrusion war bei sieben BSSO- und drei DO-Patienten deutlich eingeschränkt.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schlussfolgern, dass kein signifikanter Unterschied zwischen der DO- und der BSSO-Methode hinsichtlich der Mobilität des Unterkiefers bzw. der Kiefergelenkfunktion besteht. Doch ist zu beachten, dass auch der präoperative Zustand in Betracht gezogen werden muss, was sich jedoch für diese Studie als nachteilig herausstellte, da keine Informationen vorliegen, die den präoperativen Zustand mit den in der Nachuntersuchung erhobenen Daten vergleichen. Nur wenige Untersuchungen versuchten die Funktionen des Kausystems zu messen.

Eine Studie von Oland et al. evaluiert die stomatognathe Funktion mit Hilfe des anamnestischen und klinischen Dysfunktionsindex nach Helkimo. Sie zeigt, dass die kieferchirurgische Behandlung die stomatognathe Funktion der Patienten in den meisten Fällen verbessert (Oland et al. 2010).

In ihrer fünfjährigen Follow-up-Studie stellten van den Braber et al. durch objektive Messungen fest, dass die chirurgische Korrektur der mandibulären Retrognathie eine positive Wirkung auf die orale Funktion fünf Jahre postoperativ erzielte, welche ein Jahr nach der Operation noch nicht nachgewiesen werden konnte. Die Funktion des Kausystems war jedoch im Vergleich zur Kontrollgruppe noch beeinträchtigt (van den Braber et al. 2004; van den Braber et al. 2006).

Borstlap et al. fanden keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Zustand der Mundöffnung vor der Operation und dem Zustand zwei Jahre nach der Operation, während die protrusiven und lateralen Bewegungen des Unterkiefers zwei Jahre nach

## Diskussion

der Operation erheblich eingeschränkt waren. Dennoch war eine Verbesserung der Kaufunktion bei 61 % der Patienten festzustellen (Borstlap et al. 2004a).

In einer Untersuchung mit 127 Patienten mit mandibulärer Retrognathie stellten Frey et al. fest, dass die Kombination aus der gegen den Uhrzeigersinn Rotation des Unterkiefers und der großen Vorverlagerungsstrecke möglicherweise die Kiefergelenkssymptomatik erhöht. Jedoch verringern sich diese Symptome im Laufe der Zeit, was darauf hindeutet, dass die Rotation des Unterkiefers und das Ausmaß der Vorverlagerung für Patienten ohne präoperative Beschwerden keine Risikofaktoren für die Entwicklung von Kiefergelenkbeschwerden darstellen (Frey et al. 2008).

Nur wenige Studien untersuchten die langzeitige Kiefergelenkfunktion nach der Distractionsosteogenese. Die meisten Untersuchungen werteten die Reaktion des Gelenks während der Distraction durch entsprechende Untersuchungen mit Tieren aus (McCormick et al. 1995b; Thurmüller et al. 2006; Rafferty et al. 2007; Elgazzar et al. 2008) oder beurteilten die condylären Veränderungen (Stelnicki et al. 2001; van Strijen et al. 2001; Azumi et al. 2004).

In einer aktuellen retrospektiven Studie beobachteten Norholt et al. 131 Patienten mit monolateraler (92 Patienten) bzw. bilateraler (39 Patienten) mandibulärer Distractionsosteogenese über einen Zeitraum von durchschnittlich 21 Monaten. Bei zwei Patienten (1,5 %) traten Kiefergelenkbeschwerden auf. Die meisten Komplikationen des Kiefergelenks korrelieren mit einer verminderten Mobilität während des Distractionsprozesses. Nach der Entfernung des Distraktors normalisierte sich die Kiefergelenksfunktion bei allen Patienten bis auf zwei, die bereits in der Vergangenheit Probleme mit dem Kiefergelenk hatten (juvenile Arthritis, fibröse Ankylose). Norholt et al. meinten, dass die Entlastung des Kiefergelenks und der Distractionsseite durch Verwendung einer angepassten okklusalen Schiene zur Unterstützung der Okklusion ein wichtiger Faktor sein könnte, um die Gelenkdysfunktion als Folge des Distractionsprozesses zu vermeiden (Norholt et al. 2011).

In einem Review von Ow und Cheung wurden die Daten über Kiefergelenkdysfunktion bei BSSO-Patienten von acht Artikeln abgerufen: 258 Patienten hatten präoperative Symptome der Kiefergelenkdysfunktion, 393 Patienten zeigten keine präoperativen Symptome der Kiefergelenkdysfunktion. 58,9 % der BSSO-Patienten mit präoperativer Kiefergelenkdysfunktion berichteten von einer Verbesserung oder dem Verschwinden ihrer Symptome postoperativ, während die restlichen 41,1 % über persistente oder sich verschlechternde Symptome klagten. Andererseits liegt die Inzidenz von neu

entwickelten Symptomen der Kiefergelenkdysfunktion nach der Operation bei 16,3 %. Diese Symptome könnten möglicherweise infolge fehlerhafter condylärer Positionierung aufgetreten sein oder aber als frühe Anzeichen für condyläre Resorption gelten. Bezüglich der DO-Patienten konnten keine Vergleichsdaten über Kiefergelenkdysfunktionen abgerufen werden (Ow et al. 2009).

Hinsichtlich der multifaktoriellen Ätiologie der Kiefergelenkbeschwerden und des komplizierten Zusammenhangs zwischen Gelenk, Malokklusion und Kauapparat ist es notwendig, mit Hilfe diagnostischer Methoden des Gelenks und Anfertigung von Computertomogrammen, die die Gelenkbeschwerden und die Kaufunktion subjektiv und objektiv beurteilen, eine gezielte prospektive Studie durchzuführen, um eine aussagekräftige Angabe zu erhalten.

### **4.4 Sensibilität**

Neben dem Rezidiv ist die Sensibilitätsstörung im Innervationsgebiet des Nervus alveolaris inferior, insbesondere seines Endastes, des Nervus mentalis, der die Haut des Kinns und die Unterlippe innerviert, eine der am häufigsten beschriebenen Komplikationen der mandibulären Vorverlagerung durch bilaterale sagittale Spalt- und Distraktionsosteogenese (Wijbenga et al. 2009). Durch die Vorverlagerung der Mandibula kann es zur Verletzung des mandibulären Gefäß-Nerven-Bündels mit einer daraus resultierenden vorübergehenden oder permanenten Sensibilitätsstörung kommen. Derartige permanente Sensibilitätsstörungen können für den Patienten eine erhebliche Beeinträchtigung darstellen.

Die Inzidenz liegt je nach Studie zwischen 0 % und 75 % der operierten BSSO-Patienten ein Jahr postoperativ (Schreuder et al. 2007). Die unterschiedlichen Angaben in der Literatur resultieren aus einem verschieden angesetzten postoperativen Bewertungszeitpunkt, unterschiedlichen Bewertungsmethoden – sowohl subjektiver als auch objektiver –, der unterschiedlichen Definition neurosensorischer Parameter und verschiedenen Operationstechniken sowie Fixationsmethoden (Bays et al. 2003; Schreuder et al. 2007). Dies erschwert einen Vergleich der verschiedenen Studien. In vorliegender Arbeit ist die Sensibilitätsstörung durch eine subjektive und objektive Einschätzung beurteilt worden, so wie es bereits in früheren Studien geschehen ist (Fridrich et al. 1995; Wijbenga et al. 2009; Ow et al. 2010b).

## Diskussion

Das Risiko für neurosensorische Störungen scheint bei einer Distractionsosteogenese niedriger zu sein als bei einer bilateralen sagittalen Spaltosteotomie (Wijbenga et al. 2009; Ow et al. 2010b).

Ow und Cheung berichteten von einer geringeren Inzidenz von persistenter Sensibilitätsstörung (3 %) nach der DO im Vergleich zur BSSO, bei der die Inzidenz für persistente Sensibilitätsstörung 28 % betrug (Ow et al. 2009).

Der Grund für eine geringere Inzidenz persistenter Gefühlsstörung nach einer DO im Vergleich zur BSSO lässt sich auf mehrere Faktoren zurückführen. Im Gegensatz zur akuten Manipulation und Dehnung des Nervs während der BSSO erlaubt die graduelle Vorverlagerung des Unterkiefers eine schrittweise Dehnung des Nervus alveolaris inferior während des Distractionsprozesses. Dies ermöglicht es dem Nerven, sich besser zu adaptieren, was bleibende Schäden, wie sie bei der abrupten Dehnung bei BSSO-Vorverlagerung auftreten können, zu vermeiden (Tucker et al. 2007; Ow et al. 2009). Diese Anpassungsfähigkeit ist von der Distractionsrate beeinflusst, wobei die Distractionsrate von 1 mm täglich für den Nervus alveolaris inferior erträglich und gefahrlos zu sein scheint, wohingegen eine schnellere Distraction zu schwerer Degeneration führen kann (Hu et al. 2001).

Whitesides und Meyer schrieben in einer Fallserie von fünf Patienten, dass die Nerven bei allen fünf Patienten postoperativ intakt waren. Im Laufe der Zeit zeigte sich bei allen zehn Nerven eine Verbesserung ihrer Funktion. Dies wurde mit der Zwei-Punkt-Diskrimination, der Reaktion auf schmerzhafte Reize und bewegter Pinselstrich-Identifikation überprüft. Nach einer Distractionsstrecke von 10 mm (Rate 1 mm/24 h) zeigten alle zehn Nerven innerhalb eines Jahres eine Funktion, die mit dem präoperativen Niveau (40 % der Nerven) übereinstimmte bzw. beinahe übereinstimmte (60 % der Nerven) (Whitesides et al. 2004).

Die Wahl der Operationsmethode stellt einen weiteren Faktor für die unterschiedliche Inzidenz der Sensibilitätsstörungen dar.

Bei der DO-Operation ist die Präparation der Weichteile minimal und beschränkt sich auf den bukkalen Mukoperiost und teilweise auf die linguale Oberfläche ohne Präparation der Oberflächen des medialen Ramus. Nach Durchführung der Osteotomie wird eine schrittweise Mobilisierung der Segmente durchgeführt, um sicherzustellen, dass der Knochen komplett durchtrennt wurde. Im Gegensatz zur DO ist eine übermäßige Trennung der Segmente des Knochens bei der BSSO für die Überprüfung der Position des Nervus alveolaris inferior erforderlich. Liegt der Nerv im proximalen

## Diskussion

Segment, muss er befreit werden (Ow et al. 2009). Der Nervus alveolaris inferior kann bei der sagittalen Osteotomie gedehnt, ausgerissen, verdreht oder komprimiert werden (Scheerlinck et al. 1994).

Obwohl es Studien gibt, die eine enge Beziehung zwischen der intraoperativen Belastung, dem Trauma auf den Nerven, und auftretenden neurosensorischen Störungen behaupten (Fridrich et al. 1995; Ylikontiola et al. 2000), korrelieren die Sensibilitätsstörungen nicht mit dem Ausmaß des Traumas (Hoffmeister 2006). Hierbei wurden die Nerven bei einigen Patienten intraoperativ durchtrennt und dann mikrochirurgisch anastomosiert. Bei diesen Patienten war ein Jahr postoperativ keine Sensibilitätsstörung mehr feststellbar. Bei anderen Patienten hingegen, bei denen sich der Nerv sicher im Kanal befand und nur indirekt wahrgenommen wurde und bei denen der operative Verlauf komplikationslos war, fand sich ein Jahr postoperativ eine ausgeprägte Hypästhesie im Innervationsgebiet eines der betroffenen Nerven. Westermark fand nur eine schwache Korrelation zwischen direkter Nervenmanipulation in der eigentlichen Spaltungsregion und Nervenfunktionsstörungen. Diese Störungen führte er auf das Trauma in der medialen Weichteildissektion zurück (Westermark et al. 1998). Die Ergebnisse des objektiven Messverfahrens von Teerijoki-Oksa et al. und Panula et al. bestätigen dieses Ereignis (Teerijoki-Oksa et al. 2002; Panula et al. 2004). Daher ist es sehr wichtig, den Patienten darüber aufzuklären, dass eine Sensibilitätsstörung trotz einer komplikationslos verlaufenen Operation auftreten kann. Die vorliegende Studie ergab, dass die subjektive Wahrnehmung der normalen Unterlippen-Sensibilität bei der DO-Gruppe höher zu sein scheint als bei der BSSO-Gruppe (zwölf DO-Patienten gegenüber acht BSSO-Patienten). Von beiden Gruppen wurde ein Taubheitsgefühl empfunden (fünf Patienten je Gruppe). Von einem leichten Taubheitsgefühl berichteten zwei DO- und sieben BSSO-Patienten.

Diese Ergebnisse zeigen dennoch, dass es in der Wahrnehmung der Sensibilitätsstörung keinen wesentlichen Unterschied zwischen der DO- und der BSSO-Gruppe gibt – auch wenn die DO-Gruppe im Allgemeinen ein geringeres Taubheitsgefühl verspürte. Retrospektive Studien, die auf Patientenakten basieren, gehen von der Annahme aus, dass die präoperative Sensibilität normal ist, sofern nichts anderes angegeben wird. Ein Einwand gegen retrospektive Auswertungen besteht deshalb darin, dass in der Regel ein Mangel an Informationen hinsichtlich dieses Aspekts vorliegt (Al-Bishri et al. 2004). Auch in unserer Studie gab es keine ausreichenden Informationen über den präoperativen Zustand und den Zustand bei der

## Diskussion

Materialentfernung bzw. am Ende der kieferorthopädischen Nachbehandlung. Außerdem wurden keine anderen Hautareale als Kontrolle bewertet, weshalb die individuellen normalen Sensibilitätsbereiche der Patienten nicht ermittelt werden konnten, was als Nachteil gewertet wird. Laut Schultze-Mosgau ist sowohl die präoperative Messung der Sensibilität als auch deren postoperative Messung und Dokumentation zur Sicherung der Qualitätskontrolle empfohlen (Schultze-Mosgau et al. 2001). Al-Bishri et al. berichteten von einer Inzidenz subjektiver persistierender Gefühlsstörung nach einer BSSO bei einem Wert von 11,6 % (Al-Bishri et al. 2004). In einer prospektiven Studie stellten Ow und Cheung zwischen der DO- und der BSSO-Gruppe ein Jahr postoperativ keinen Unterschied bei der subjektiven Bewertung von Gefühlsstörungen fest (Ow et al. 2010b).

Um die Nervenfunktion objektiv und differenziert beurteilen zu können, wurde die Sensibilität der Unterlippe in beiden Gruppen klinisch untersucht. Die in allen Untersuchungen angewendeten gepaarten t-Tests bzw. gepaarten nichtparametrischen Analysen zeigten, dass es in keiner der beiden Gruppen signifikante Unterschiede zwischen der linken und der rechten Unterlippenseite gab ( $p > 0,05$ ). In Anlehnung an die Untersuchung der Thermosensibilität und des Spitz-Stumpf-Tests wurden die negativeren Werte beider Gruppen verwendet. Mit der Zwei-Punkt-Diskrimination wurden die Messwerte ermittelt, deren Durchschnittswerte für die Datenanalysen verwendet wurden.

Die in unserer Studie herangezogenen klinischen Untersuchungen wurden auch in anderen Studien verwendet. Termosensibilität: (Ylikontiola et al. 1998; Gianni et al. 2002), Spitz-Stumpf-Test: (Westermarck et al. 1998; Gianni et al. 2002; van Strijen et al. 2003; Nesari et al. 2005), Zwei-Punkt-Diskrimination: (Ylikontiola et al. 1998; Gianni et al. 2002; Panula et al. 2004; Whitesides et al. 2004; Joss et al. 2007).

Die objektiven Bewertungen durch Thermosensibilitätstests zeigen eine geringere Inzidenz von neurosensorischen Störungen bei der DO-Gruppe als bei der BSSO-Gruppe. Ein BSSO-Patient zeigte keine Reaktion auf den Thermosensibilitätstest.

Nishioka und seine Mitarbeiter beobachteten, dass ein Nerv ein neurosensorisches thermisches Defizit aufweist, wenn es weniger als 80 % richtige Antworten an einer oder beiden Teststellen gibt. Allerdings stellten sie fest, dass die thermischen Tests im Vergleich zu den anderen Tests insensitiv waren (Nishioka et al. 1987).

Pratt und Mitarbeiter kamen in ihrer Studie mit 122 Patienten, die über einen Zeitraum von drei Jahren lief, zu gleichen Ergebnissen (Pratt et al. 1996). Andere Autoren

## Diskussion

hingegen haben auf den Wert der thermischen Empfindlichkeit zur Beurteilung sensorischer Störungen hingewiesen (Campbell et al. 1987; Robinson 1988; Leira et al. 1991).

Ylikontiola betrachtet die thermische Diskriminierung als einen nützlichen Test zur Sensibilitätsstörung, hält sie aber nicht für notwendig. Er beurteilt die Integrität der kleinen myelinisierten und marklosen Fasern. Während das Gefühl für Wärme auf A-delta-Fasern zurückgeführt wird, liegt das Gefühl für Kälte C-Fasern zugrunde (Ylikontiola 2002)

Die Spitz-Stumpf-Diskrimination dient der Kontrolle der Funktion der Nozizeptoren, der schnellen myelinisierten A $\delta$ -Fasern und der langsamen, nicht myelinisierten C-Fasern. Gemäß den objektiven Bewertungen durch die Spitz-Stumpf-Diskrimination war die Inzidenz einer verminderten bzw. gestörten neurosensorischen Nervenfunktion bei der DO- und der BSSO-Gruppe gleich. In beiden Gruppen zeigten je fünf Patienten eine eingeschränkte Nervenfunktion und zwei Patienten pro Gruppe eine gestörte.

In ihrer dreijährigen Studie, an der insgesamt 122 Patienten teilgenommen haben, führten Pratt et al. verschiedene Tests, inklusive der Zwei-Punkt-Diskrimination und der Heiß-kalt-Sensorik, durch und ermittelten ein sensorisches Defizit von 5,9 % an der Unterlippe (Pratt et al. 1996).

Maurer et al. fanden in ihrer 2001 veröffentlichten Studie, in der 507 operierte Dysgnathiepatienten untersucht wurden, durch die Spitz-Stumpf-Diskrimination ein Jahr nach der Operation heraus, dass 55 % der Patienten früh unter postoperativen Gefühlsstörungen litten und 28 % späte Nervenfunktionsstörungen aufwiesen (Maurer et al. 2001).

Westermark et al. untersuchten 1998 in einer retrospektiven Studie mit Hilfe der Spitz-Stumpf-Diskrimination die Nervenfunktion von 496 operierten Unterkieferseiten nach bilateraler sagittaler Unterkieferosteotomie in einem Zeitraum von zwei Jahren postoperativ. So wurde bei 20 % der operierten Unterkieferseiten eine dauerhafte Beeinträchtigung der nervalen Funktion des Nervus alveolaris inferior nachgewiesen (Westermark et al. 1998).

In ihrer retrospektiven Studie berichteten Van Strijen et al. von einer mit Hilfe der Spitz-Stumpf-Diskrimination diagnostizierten persistenten Gefühlsstörung (Hypästhesie) bei lediglich zwei (drei Seiten, 2,1 %) von 70 Patienten zwölf Monate nach der Distraktorentfernung. Alle anderen Patienten hatten sich vollständig erholt (van Strijen et al. 2003).

## Diskussion

Bezüglich der Zwei-Punkt-Diskrimination wurden – wie zuvor erwähnt – die Messwerte für beide Seiten der Unterlippe gemittelt und die Durchschnittswerte für Datenanalysen verwendet.

In dieser Studie finden sich keine statistisch relevanten Unterschiede bei der Wahrnehmung der Zwei-Punkt-Diskrimination der Unterlippe zwischen der DO-Gruppe (6,95 mm  $\pm$  3,6 mm) und der BSSO-Gruppe (7,02 mm  $\pm$  3,4 mm)

Die Zwei-Punkt-Diskrimination beurteilt die Reaktion der langsam adaptierenden großen myelinisierten Alpha-Fasern (Ghali et al. 1989).

Nach Posnick et al. liegt die Zwei-Punkt-Diskrimination im Bereich der Unterlippe bei 2,7 – 6,1 mm mit einer Obergrenze von 6,5 mm (Posnick et al. 1990). Campbell et al. berichteten, dass der Normalbereich für die Zwei-Punkt-Diskriminierung im Versorgungsgebiet des Nervus Trigemini von 7 bis 14 mm variiert. Liegt die Diskriminierung zwischen 15 und 20 mm, gilt die Wahrnehmung als vermindert und als gar nicht vorhanden bei einer Diskriminierung von 20 mm oder mehr (Campbell et al. 1987). Als Normwert der Zwei-Punkt-Diskrimination für die Unterlippe gaben Karas et al. 6,7 mm an (Karas et al. 1990).

Die durchschnittliche Zwei-Punkt-Diskrimination betrug bei allen in dieser Studie untersuchten Patienten weniger als 14 mm mit Ausnahme eines DO-Patienten, bei dem die Zwei-Punkt-Diskrimination 17,5 mm betrug. Bei 14 Patienten (70 %) der beiden Gruppen war die Zwei-Punkt-Diskrimination kleiner oder gleich 7 mm. Bei dem Patienten mit einer Zwei-Punkt-Diskrimination von 17,5 mm war eine Revision notwendig, was eine zusätzliche chirurgische Manipulation an der Osteotomiestelle bedeutete.

Im Vergleich zu unserer Studie gibt es in der Literatur einen Mangel an Langzeit-Follow-up-Studien, die über einen Zeitraum von mehr als drei Jahren reichen. Joss und Thuer fanden heraus, dass die Zwei-Punkt-Diskrimination den sinnvollsten aller angewendeten Tests darstellte, um den neurosensorischen Zustand zu bewerten. Sie untersuchten langfristige neurosensorische Gefühlsstörungen nach einer BSSO bis zu 12,7 Jahre postoperativ und bemerkten dabei eine signifikante Erhöhung der Zwei-Punkt-Diskrimination zwischen dem Zeitpunkt der Untersuchung 13,9 – 14,4 Monate postoperativ und 12,7 Jahre postoperativ. Dem liegt wahrscheinlich der normale menschliche Alterungsprozess zugrunde (Joss et al. 2007). Der Einfluss des Alters auf die Zwei-Punkt-Diskrimination der Haut wurde von mehreren Autoren untersucht (Fogel et al. 1984; Kesarwani et al. 1989; Sato et al. 1999). Einige Autoren berichteten von



## Diskussion

einer Verbesserung der Funktion der Nerven im Laufe der Zeit, wenn sich die Nerven von der möglichen Schädigung erholt hatten. Scheerlinck et al. beschreiben eine Dysästhesie von 17,3 % ein Jahr post operationem und von 2,3 % zwei Jahre post operationem mit einer Verbesserung von 15 % (Scheerlinck et al. 1994). Borstlap et al. stellten eine erhebliche Verbesserung der Funktion der Nerven innerhalb von zwei Jahren fest. Drei Monate nach der Operation zeigte sich bei 52 % der Patienten eine normale Funktion der beiden mentalen Nerven. Dieser Prozentsatz erhöht sich deutlich auf 75 % nach sechs Monaten und weiter auf 79 % nach 24 Monaten (Borstlap et al. 2004a).

Alle in dieser Studie angewendeten neurosensorischen Tests beruhen auf dem subjektiven Empfinden der Patienten auf einen objektiven Reiz. So erklärt sich das breite Spektrum der erhaltenen Ergebnisse (Ylikontiola et al. 2001).

In vorliegender Studie stimmte nur bei etwa der Hälfte der Patienten beider Gruppen die subjektive Wahrnehmung mit der objektiven Messung überein. Objektive Untersuchungen bei einigen Patienten ergaben eine Sensibilitätsstörung, die von den Patienten selbst jedoch nicht wahrgenommen wurde. Hingegen war die subjektive Wahrnehmung der Störungen bei einigen Patienten ausgeprägter, als mittels objektiver Tests messbar.

Chen und Neal berichteten von einer Übereinstimmung zwischen der subjektiven Bewertung und einer Zwei-Punkt-Diskriminierung (Chen et al. 1999).

Westermarck et al. stellten eine Korrelation zwischen subjektiver und objektiver Beurteilung der Sensibilität der Unterlippe und des Kinns nach bilateraler sagittaler Unterkieferspaltung fest (Westermarck et al. 1999). Das bemerkten auch Nishioka et al. nach einer Untersuchung an 21 Patienten (71,4 % davon) 21,1 Monate nach deren Operation (Nishioka et al. 1987).

Panula zeigte, dass das subjektive Empfinden mit der Zwei-Punkt-Diskrimination in der Unterlippe korreliert (Panula et al. 2004).

Cunningham et al. hingegen berichteten nach einer Untersuchung von 101 Patienten das Gegenteil: Patienten mit Sensibilitätsstörungen empfanden diese subjektiv deutlicher, als sie objektiv messbar wären (Cunningham et al. 1996a).

Fridrich et al. kamen zu dem Schluss, dass sich Patienten einer neurosensorischen Störung anpassten. Sie beobachteten eine normale neurosensorische Funktion, obwohl objektive Tests weiterhin neurosensorische Defizite zeigten (Fridrich et al. 1995).

## Diskussion

Dem entspricht auch das Ergebnis von Ylikontiola et al., die in einer Studie mit 30 Patienten zeigten, dass sich diese an Gefühlsstörungen zu gewöhnen schienen und diese im Lauf der Zeit nicht mehr wahrnahmen (Ylikontiola et al. 2000).

Viele Faktoren, die möglicherweise das Risiko der Inzidenz der Sensibilitätsstörungen erhöhen, wurden in der Literatur diskutiert.

Das Alter der Patienten steht im Zusammenhang mit der Schädigung der Nerven (Dimitroulis 1996; Ylikontiola et al. 2000; Van Sickels et al. 2002; Borstlap et al. 2004a; Panula et al. 2004). Die höhere Inzidenz neurosensorischer Defizite bei älteren Patienten kann der im Alter verminderten Regenerationsfähigkeit geschädigter Nerven geschuldet sein (Upton et al. 1987; Borstlap et al. 2004a). In unserer Untersuchung konnte keine Beziehung zwischen dem Alter der Patienten und der subjektiv empfundenen bzw. objektiv messbaren Sensibilitätsstörung festgestellt werden.

Einige Untersuchungen scheinen zu belegen, dass die Vorverlagerungsstrecke eine Rolle bei der Inzidenz von Gefühlsstörungen spielt (Ylikontiola et al. 2000; Van Sickels et al. 2002). Andere Autoren hingegen sehen keinen Zusammenhang (Westermarck et al. 1998; Whitesides et al. 2004). Keinen Einfluss übt die Länge der Vorverlagerungsstrecke auf die Defizite des Nervs bei den Patienten beider Gruppen aus ( $P > 0.05$ ), wobei anzumerken ist, dass die Vorverlagerungsstrecke bei der DO-Gruppe größer war als bei der BSSO-Gruppe.

In der Literatur wurde berichtet, dass die Begleitung simultaner Genioplastik eine beeinflussende Rolle bei der Inzidenz der Gefühlsstörung spielt (Dimitroulis 1996; Gianni et al. 2002; Van Sickels et al. 2002; Bays et al. 2003).

In der hier vorgestellten Studie unterzogen sich sieben DO-Patienten und fünf BSSO-Patienten einer zusätzlichen Kinnplastik. Nur bei zwei DO- und einem BSSO-Patienten mit Kinnplastik konnte eine verminderte bzw. gestörte Sensibilität der Unterlippe nachgewiesen werden. Bei den anderen Patienten mit begleitender Kinnplastik lagen die subjektive Wahrnehmung und die objektive Bewertung der Sensibilität im Normalbereich.

Zusammenfassend lässt sich zum Problem der Sensibilitätsstörung sagen, dass kein wesentlicher Unterschied im Auftreten neurosensorischer Änderungen zwischen den beiden Prozeduren (DO gegenüber BSSO) festgestellt werden konnte, obwohl BSSO-Patienten eine größere Tendenz zeigen, unter einem dauerhaften Taubheitsgefühl zu leiden. Dies stimmt mit anderen Studien, die Sensibilitätsstörungen durch

Unterkiefervorverlagerung mittels DO bzw. BSSO untersuchen, überein (Wijbenga et al. 2009; Baas et al. 2010; Ow et al. 2010b).

Aufgrund der geringen Patientenzahl (n = 20) in jeder Gruppe können nur eingeschränkte Schlussfolgerungen gezogen werden.

### **4.5 Zufriedenheit mit der Operation und Beurteilung**

Bei der orthognathischen Chirurgie handelt es sich um einen Wahleingriff, der zu Veränderungen im Aussehen und bei der Funktion der dentofazialen Strukturen führen könnte.

Die Zufriedenheit der Patienten mit den Ergebnissen der Behandlung hängt mit der Verwirklichung ihrer Erwartungen hinsichtlich Ästhetik, Funktion und Lebensqualität zusammen. Daher ist es Aufgabe des Arztes, den Patienten genau aufzuklären und die Erwartungen des Patienten gerade bezüglich der Ästhetik in angemessenen Grenzen zu halten, um postoperative Enttäuschungen zu vermeiden (Kiyak et al. 1984). Finlay et al. stellten fest, dass eine falsche Erwartung und unzureichende Informationen zu Beginn der Behandlung zu Unzufriedenheit der Patienten mit der Behandlung bzw. dem erreichten Ergebnis führen können (Finlay et al. 1995b).

Die endgültige Beurteilung der Behandlung beruht darauf, ob die Patienten den erforderlichen Aufwand als dem Endergebnis angemessen empfinden (Tucker et al. 2007). Postoperative Patientenzufriedenheit wurde in zahlreichen Untersuchungen eruiert. So schreiben Finlay et al., dass die Verbesserung der Gesichtsästhetik für einen Großteil der Dysgnathiepatienten eine essentielle Motivation für die Behandlung darstellt (Finlay et al. 1995b; Nardi et al. 2003).

Kiyak et al. stellten fest, dass die Zufriedenheit der Patienten nach einer erkennbaren ästhetischen Verbesserung der Gesichtszüge sogar dann hoch ist, wenn funktionelle Problemen auftreten (Kiyak et al. 1984).

In der vorliegenden Studie wurden die Patienten definiert gefragt, ob sie mit ihrem Profil zufrieden seien. Für die Mehrheit der BSSO-Patienten (15 Patienten) traf das zu. Fünf BSSO-Patienten waren sogar sehr zufrieden. Neun DO-Patienten waren zufrieden, acht DO-Patienten sehr zufrieden. Während zwei DO-Patienten indifferent waren, war lediglich eine DO-Patientin mit ihrem veränderten Profil unzufrieden.

Wie in anderen Studien wurde auch in dieser Untersuchung die Entscheidung des Patienten, die Operation erneut vornehmen zu lassen, als Index für die Gesamtzufriedenheit mit der Behandlung gewertet (Mihalik et al. 2003; Borstlap et al.

## Diskussion

2004a; Wijbenga et al. 2009). Nur zwei DO-Patienten und ein BSSO-Patient lehnten eine Wiederholung der Operation ab, während 13 BSSO-Patienten und zwölf DO-Patienten eine Wiederholung befürworteten. Die restlichen Patienten waren unentschlossen.

In einer Vergleichsstudie zwischen DO- und BSSO-Patienten fanden Webjina et al. heraus, dass das Niveau der Zufriedenheit in beiden Gruppen sehr hoch (98 % der BSSO-Patienten, 100 % der DO-Patienten). In Bezug auf eine Wiederholung der Operation erklärten sich 98 % der BSSO-Patienten und 89 % der DO-Patienten einverstanden (Wijbenga et al. 2009).

Tucker und Farrell berichten, die BSSO-Patienten seien hochzufrieden mit dem Ergebnis und würden die Behandlung Freunden empfehlen, während die DO-Patienten mit dem Ergebnis der Behandlung zwar zufrieden seien, sie aber dennoch nicht empfehlen würden (Tucker et al. 2007).

Die Frage, „ob der Patient im langfristigen Verlauf nach der Operation eine Verschlechterung gemerkt“ habe, beantworteten fünf DO-Patienten und nur ein BSSO-Patient mit „ja“. Die Verschlechterung umfasst Bissveränderungen und Probleme mit der Mundöffnung. Zwölf BSSO-Patienten und acht DO-Patienten gaben an, keine Verschlechterung bemerkt zu haben. Das Gefühl einer Verschlechterung könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die DO-Patienten einer größeren Anzahl begleitender Operationen unterziehen mussten und eine längere Vorverlagerungsstrecke notwendig war. Darüber hinaus könnte diese Wahrnehmung durch dentale Veränderungen, die über die Jahre entstanden waren, verursacht worden sein.

Aufgrund des langen Beobachtungszeitraums dieser Studie kann davon ausgegangen werden, dass die kurzfristige Unzufriedenheit keine Vorhersage für eine langfristige Zufriedenheit darstellt (Kiyak et al. 1982; Schreuder et al. 2007).

Unsere Studie zeigt jedoch, dass die langfristige Zufriedenheit der Patienten mit ihrem Profil hoch ist. Auch in der Literatur wird von einem auf lange Sicht betrachteten höheren Grad an Zufriedenheit berichtet (Finlay et al. 1995a; Finlay et al. 1995b; Cunningham et al. 1996b).

Viele Faktoren, die mit der Zufriedenheit der Patienten zusammenhängen, wurden in der Literatur diskutiert. Zu weiteren die Zufriedenheit schmälern Faktoren gehören auch der psychische Zustand des Patienten, seine ggf. unrealistischen Erwartungen an das Endergebnis, seine Motivation, der Grad der Information, eine unzureichende präoperative Vorbereitung, mangelnde Aufklärung hinsichtlich der Behandlung und

## Diskussion

insgesamt eine schlechte Kommunikation zwischen behandelndem Arzt und Patient (Hoppenreijns et al. 1999a; Borstlap et al. 2004a).

Chen et al. fanden in ihrer Untersuchung über die Zufriedenheit von operierten Dysgnathiepatienten heraus, dass deren Zufriedenheit nach der Operation hoch war und mit der Zeit noch anstieg. Diejenigen Patienten, die realistische Erwartungen an das Ergebnis aufwiesen, waren auf lange Sicht gesehen zufriedener (ein Jahr postoperativ). Komplikationen wie Schmerzen und Schwellungen beeinflussen zwar die Zufriedenheit kurz nach der Operation, doch die Reaktion von dem Patienten nahestehenden Personen stellt wiederum einen die Zufriedenheit begünstigenden Einfluss in allen Phasen der Behandlung dar (Chen et al. 2002).

Hinsichtlich der Korrelation zwischen Gefühlsstörungen und Zufriedenheit behauptet Yoshida, dass neurosensorische Defizite nur einen minimalen Einfluss auf die Zufriedenheit der Patienten ausüben würden (Yoshida et al. 1989). Al-Bishri et al. fanden heraus, dass 91 % der Patienten mit dem Ergebnis der Operation zufrieden waren und dass von vier unzufriedenen Patienten (9 %) lediglich ein Patient wegen neurosensorischer Störungen unzufrieden war (Al-Bishri et al. 2005).

Laut dieser Studie scheint sich das Auftreten von Sensibilitätsstörungen nur minimal auf die Zufriedenheit der Patienten beider Gruppen auszuwirken. Nach ihrem Kauvermögen befragt, gaben neun Patienten der DO-Gruppe (45 %) und 14 Patienten der BSSO-Gruppe (70 %) an, nach dem Eingriff „besser“ kauen zu können. Als unverändert gaben sieben DO-Patienten (35 %) und sechs BSSO-Patienten (35 %) die Kaufunktion an und nur vier DO-Patienten (20 %) meinten, nach der Operation „schlechter“ kauen zu können als zuvor.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die BSSO-Patienten hinsichtlich der Kaufunktion eine positivere Einschätzung besitzen als die DO-Patienten. Die nach der Operation als schlechter empfundene Kaufunktion trat nur in der DO-Gruppe auf. Diese Verschlechterung könnte durch die größere Vorverlagerungsstrecke, eine Veränderung der Muskulatur- und Gelenkfunktion und allgemein durch eine unterschiedliche Ausgangssituation der Patienten verursacht worden sein. Allerdings können auch in diesem Punkt wegen der geringen Patientenzahl (20 pro Gruppe) nur eingeschränkte Schlussfolgerungen gezogen werden.

Oland et al. fanden heraus, dass der funktionelle Zustand nach der Behandlung und der Grad der Zufriedenheit mit der Behandlung übereinstimmen (Oland et al. 2010). Bock et al. fanden eine Übereinstimmung zwischen den ausgeprägten Symptomen einer

## Diskussion

temporomandibulären Dysfunktion und der geringeren Patientenzufriedenheit (Bock et al. 2007).

Dass die positive Reaktionen der unterstützenden Gruppe (Familie und Freunde) auf das postoperative Erscheinungsbild des Behandelten mit dessen Zufriedenheit sowohl in der frühen als auch in der späten postoperativen Phase einhergeht, zeigt auch eine Studie von Holman et al. (Holman et al. 1995).

In der Untersuchung von Borstlap et al. waren 94 % der Patienten zufrieden oder sehr zufrieden. Dieser Prozentsatz blieb auch während der zweijährigen Follow-up-Dauer konstant, während sich die Anzahl derer, die "sehr zufrieden" waren, um 15 % erhöhte. Es wurde keine Korrelation zwischen Patientenzufriedenheit, Alter, Geschlecht oder Rezidiv gefunden (Borstlap et al. 2004a).

In der vorliegenden Studie konnte keine klare Korrelation zwischen der Entscheidung für eine Wiederholung der Operation und der subjektiven Bewertung der Patienten hinsichtlich Funktion, Sensibilität und Ästhetik nachgewiesen werden.

Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Gesamtergebnis nicht nur mit dem chirurgischen Verfahren zur Vorverlagerung des Unterkiefers selbst zusammenhängt, sondern auch eventuell notwendige zusätzliche Operationen sowie die kieferorthopädische Nachbehandlung mit einbezieht

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Patientenzufriedenheit nicht nur mit der chirurgischen Prozedur selbst, sondern auch mit dem Behandlungsverlauf und den individuellen Erwartungen zusammenhängt.

## 5 Literaturverzeichnis

1. Abeloos J, De Clercq C, Neyt L. Skeletal stability following miniplate fixation after bilateral sagittal split osteotomy for mandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg* 1993;51:366-9.
2. Al-Bishri A, Barghash Z, Rosenquist J, Sunzel B. Neurosensory disturbance after sagittal split and intraoral vertical ramus osteotomy: as reported in questionnaires and patients' records. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:247-51.
3. Al-Bishri A, Rosenquist J, Sunzel B. On neurosensory disturbance after sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:1472-6.
4. Al-Daghreer S, Flores-Mir C, El-Bialy T. Long-term stability after craniofacial distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg* 2008;66:1812-9.
5. Aziz SR, Simon P. Hüllihen and the origin of orthognathic surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 2004;62:1303-7.
6. Baas EM, de Lange J, Horsthuis RB. Evaluation of alveolar nerve function after surgical lengthening of the mandible by a bilateral sagittal split osteotomy or distraction osteogenesis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010;39:529-33.
7. Baas EM, Pijpe J, de Lange J. Long term stability of mandibular advancement procedures: bilateral sagittal split osteotomy versus distraction osteogenesis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41:137-41.
8. Bales JM, Epstein JB. The role of malocclusion and orthodontics in temporomandibular disorders. *J Can Dent Assoc* 1994;60:899-905.
9. Başçiftçi FA, Bişirci G, Dolanmaz D. CASE REPORT. Application of floating bone principle in a Class II div I case treated by distraction osteogenesis. *SÜ Dişhek Fak Derg*, 2009;18:311-5.

## Literaturverzeichnis

10. Bays RA, Bouloux GF. Complications of orthognathic surgery. Oral and maxillofacial surgery clinics of North America 2003;15:229-42.
11. Bell WH, Jacobs JD, Quejada JG. Simultaneous repositioning of the maxilla, mandible, and chin. Treatment planning and analysis of soft tissues. Am J Orthod 1986;89:28-50.
12. Berger P. Du traitement chirurgical du prognathisme. These: Lyon. ; 1897.
13. Bock J, Maurer P, Fuhrmann R. The Importance of Temporomandibular Function for Patient Satisfaction following Orthognathic Surgery. Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie 2007;68:299-307.
14. Borstlap WA, Stoelinga PJ, Hoppenreijts TJ, van't Hof MA. Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up. Part I. Clinical parameters. Int J Oral Maxillofac Surg 2004a;33:433-41.
15. Borstlap WA, Stoelinga PJ, Hoppenreijts TJ, van't Hof MA. Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up. Part III--condylar remodelling and resorption. Int J Oral Maxillofac Surg 2004b;33:649-55.
16. Borstlap WA, Stoelinga PJ, Hoppenreijts TJ, van't Hof MA. Stabilisation of sagittal split advancement osteotomies with miniplates: a prospective, multicentre study with two-year follow-up: Part II. Radiographic parameters. International journal of oral and maxillofacial surgery 2004c;33:535-42.
17. Bouwman JP, Kerstens HC, Tuinzing DB. Condylar resorption in orthognathic surgery. The role of intermaxillary fixation. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1994;78:138-41.
18. Bouwman JP, Tuinzing DB, Kostense PJ, van Teeseling RA, Mokhtari H. The value of long-term follow-up of mandibular advancement surgery in patients with a low to normal mandibular plane angle. Mund Kiefer Gesichtschir 1997;1:311-5.



## Literaturverzeichnis

19. Brachvogel P. Orthopädische Chirurgie. In: Hausamen J-E, Becker J, Neukam F.W , Reichert A ,Schliephake H ,Schmelzeisen R, ed. Curriculum Mund-,Kiefer-,und Gesichtschirurgie;Chirurgie Band III: Quintessenz Verlags-GmbH; 2002:199-246.
20. Braumann B, Niederhagen B, Schmolke C. Die mandibuläre Distraktionsosteogenese. Journal of Orofacial Orthopedics/Fortschritte der Kieferorthopädie 1997;58:298-305.
21. Breuning KH, van Strijen PJ, Prah-Andersen B, Tuinzing DB. The overbite and intraoral mandibular distraction osteogenesis. J Craniomaxillofac Surg 2004;32:119-25.
22. Breuning KH, van Strijen PJ, Prah-Andersen B, Tuinzing DB. Duration of orthodontic treatment and mandibular lengthening by means of distraction or bilateral sagittal split osteotomy in patients with Angle Class II malocclusions. Am J Orthod Dentofacial Orthop 2005;127:25-9.
23. Campbell RL, Shamaskin RG, Harkins SW. Assessment of recovery from injury to inferior alveolar and mental nerves. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987;64:519-26.
24. Chen B, Zhang ZK, Wang X. Factors influencing postoperative satisfaction of orthognathic surgery patients. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 2002;17:217-22.
25. Chen N, Neal CE, Lingenbrink P, Bloomquist D, Kiyak HA. Neurosensory changes following orthognathic surgery. Int J Adult Orthodon Orthognath Surg 1999;14:259-67.
26. Codvilla A. On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. . Am J Orthop Surg 1905;2: 353-69.
27. Cunningham LL, Tiner BD, Clark GM, Bays RA, Keeling SD, Rugh JD. A comparison of questionnaire versus monofilament assessment of neurosensory deficit. J Oral Maxillofac Surg 1996a;54:454-9; discussion 9-60.
28. Cunningham SJ, Hunt NP, Feinmann C. Perceptions of outcome following orthognathic surgery. Br J Oral Maxillofac Surg 1996b;34:210-3.

## Literaturverzeichnis

29. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. New York: . Interscience Publications, 1940.
30. Dal Pont G. Retromolar osteotomy for the correction of prognathism. *J Oral Surg Anesth Hosp Dent Serv* 1961;19:42-7.
31. van den Braber W, van der Bilt A, van der Glas H, Rosenberg T, Koole R. The influence of mandibular advancement surgery on oral function in retrognathic patients: a 5-year follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:1237-40.
32. van den Braber W, van der Glas H, van der Bilt A, Bosman F. Masticatory function in retrognathic patients, before and after mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:549-54.
33. Dimitroulis G. Complications of orthognathic surgery. *Aust Orthod J* 1996;14(3):158-61.
34. Dolce C, Hatch JP, Van Sickels JE, Rugh JD. Rigid versus wire fixation for mandibular advancement: skeletal and dental changes after 5 years. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;121:610-9.
35. Dolce C, Van Sickels JE, Bays RA, Rugh JD. Skeletal stability after mandibular advancement with rigid versus wire fixation. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 2000;58:1219-27.
36. Egermark I, Blomqvist JE, Cromvik U, Isaksson S. Temporomandibular dysfunction in patients treated with orthodontics in combination with orthognathic surgery. *Eur J Orthod* 2000;22:537-44.
37. Eggensperger N, Smolka K, Luder J, Iizuka T. Short- and long-term skeletal relapse after mandibular advancement surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2006;35:36-42.

## Literaturverzeichnis

38. Elgazzar RF, El-Bialy TH, Megahed E. Effect of bilateral mandibular osteodistraction on the condylar cartilage: an experimental study on rabbits. *Open Dent J* 2008;2:103-8.
39. Epker BN. Modifications in the sagittal osteotomy of the mandible. *J Oral Surg* 1977;35:157-9.
40. Epker BN, Wessberg GA. Mechanisms of early skeletal release following surgical advancement of the mandible. *Br J Oral Surg* 1982;20:175-82.
41. Feinerman DM, Piecuch JF. Long-term effects of orthognathic surgery on the temporomandibular joint: comparison of rigid and nonrigid fixation methods. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1995;24:268-72.
42. Finlay PM, Atkinson JM, Moos KF. Orthognathic surgery: patient expectations; psychological profile and satisfaction with outcome. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1995a;33:9-14.
43. Finlay PM, Moos SF, Atkinson JM. Orthognathic surgery: patient expectations; psychological profile and satisfaction with outcome. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1995b;33:9-14.
44. Fogel ML, Stranc MF. Lip function: a study of normal lip parameters. *Br J Plast Surg* 1984;37:542-9.
45. Frey DR, Hatch JP, Van Sickels JE, Dolce C, Rugh JD. Alteration of the mandibular plane during sagittal split advancement: short- and long-term stability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;104:160-9.
46. Frey DR, Hatch JP, Van Sickels JE, Dolce C, Rugh JD. Effects of surgical mandibular advancement and rotation on signs and symptoms of temporomandibular disorder: a 2-year follow-up study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;133:490 e1-8.

## Literaturverzeichnis

47. Fridrich KL, Holton TJ, Pansegrau KJ, Buckley MJ. Neurosensory recovery following the mandibular bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53:1300-6; discussion 6-7.
48. Fuhrmann A, von Robert W. Die kombinierte kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung. In: Diedrich P, ed. *Praxis der Zahnheilkunde Kieferorthopädie 3: Spezifische kieferorthopädische Fragestellungen und interdisziplinäre Aufgaben*: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH; ; 2005:101-36.
49. Gassmann CJ, Van Sickels JE, Thrash WJ. Causes, location, and timing of relapse following rigid fixation after mandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48:450-4.
50. Gattinger J, Obwegeser J. Chirurgische Kieferorthopädie und kraniofaziale Fehlbildungschirurgie. In: Schwenger N, Ehrenfeld M (Hrsg.), ed. *Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde; Spezielle Chirurgie, Band 2; 3 Auflage*. Stuttgart: Thieme; 2002:235-73.
51. Ghali GE, Epker BN. Clinical neurosensory testing: practical applications. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47:1074-8.
52. Gianni AB, D'Orto O, Biglioli F, Bozzetti A, Brusati R. Neurosensory alterations of the inferior alveolar and mental nerve after genioplasty alone or associated with sagittal osteotomy of the mandibular ramus. *J Craniomaxillofac Surg* 2002;30:295-303.
53. Haers PE, Suuronen R, Lindqvist C, Sailer H. Biodegradable polylactide plates and screws in orthognathic surgery: technical note. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 1998;26:87-91.
54. Helkimo M. Studies on function and dysfunction of the masticatory system. II. Index for anamnestic and clinical dysfunction and occlusal state. *Sven Tandlak Tidskr* 1974;67:101-21.

## Literaturverzeichnis

55. Hendrickx K, Mommaerts MY, Jacobs W, Abeloos JV, Neyt LF, De Clercq CA. Proximal segment position after distraction with the MD-DOS device. *J Craniomaxillofac Surg* 1999;27:383-6.
56. Hilbe M, Puelacher W. Die Stabilität nach sagittaler Unterkieferosteotomie zur Korrektur distaler und progener Bisslagen. *Informationen aus der Kieferorthopädie* 1994;26 63 – 9.
57. Hoffman GR, Moloney FB, Effeney DJ. The stability of facial advancement surgery (in the management of combined mid and lower dento-facial deficiency). *J Craniomaxillofac Surg* 1994;22:86-94.
58. Hoffmann-Axthelm W. Chirurgie der Zahnstellungs- und Kieferanomalien. In: Quintessenz, ed. In: Hoffmann-Axthelm W (Hrsg)Die Geschichte der Mund-, Kiefer und Gesichtschirurgie. Berlin: ; 1995:S. 121-42.
59. Hoffmeister B. The effect of sagittal orientation of the distractor on the biomechanics of mandibular lengthening. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1999;57:1221-2.
60. Hoffmeister B. Chirurgie der Dysgnathien. In: Horch H, -H , (Hrsg.), eds. *Praxis der Zahnheilkunde;Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*, Band 10; 4 Auflage München; 2006:453-509.
61. Hoffmeister B, Marks C, Wolff K. Floating bone concept in mandibular distraction. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 1999;28:90.
62. Hoffmeister B, Wangerin K. Callus distraction technique by an intraoral approach — The floating bone concept. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 1997;26:76.
63. Holman AR, Brumer S, Ware WH, Pasta DJ. The impact of interpersonal support on patient satisfaction with orthognathic surgery. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1995;53:1289-97.

## Literaturverzeichnis

64. Hoppenreijns TJ, Hakman EC, van't Hof MA, Stoelinga PJ, Tuinzing DB, Freihofer HP. Psychologic implications of surgical-orthodontic treatment in patients with anterior open bite. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1999a;14:101-12.
65. Hoppenreijns TJM, Stoelinga PJW, Grace KL, Robben CMG. Long-term evaluation of patients with progressive condylar resorption following orthognathic surgery. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 1999b;28:411-8.
66. Hu J, Tang Z, Wang D, Buckley MJ. Changes in the inferior alveolar nerve after mandibular lengthening with different rates of distraction. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:1041-5; discussion 6.
67. Huang YL, Pogrel MA, Kaban LB. Diagnosis and management of condylar resorption. *J Oral Maxillofac Surg* 1997;55:114-9; discussion 9-20.
68. Hunsuck EE. A modified intraoral sagittal splitting technic for correction of mandibular prognathism. *J Oral Surg* 1968;26:250-3.
69. Ilizarov GA. The principles of the Ilizarov method. . *Bull Hosp Jt Dis* 1988;56:49-53.
70. Joss CU, Thuer UW. Neurosensory and functional impairment in sagittal split osteotomies: a longitudinal and long-term follow-up study. *Eur J Orthod* 2007;29:263-71.
71. Joss CU, Thuer UW. Stability of the hard and soft tissue profile after mandibular advancement in sagittal split osteotomies: a longitudinal and long-term follow-up study. *Eur J Orthod* 2008;30:16-23.
72. Joss CU, Vassalli IM. Stability after bilateral sagittal split osteotomy advancement surgery with rigid internal fixation: a systematic review. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:301-13.
73. Karas ND, Boyd SB, Sinn DP. Recovery of neurosensory function following orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1990;48:124-34.

## Literaturverzeichnis

74. Keeling SD, Dolce C, Van Sickels JE, Bays RA, Clark GM, Rugh JD. A comparative study of skeletal and dental stability between rigid and wire fixation for mandibular advancement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:638-49.
75. Kerstens HC, Tuinzing DB, Golding RP, van der Kwast WA. Condylar atrophy and osteoarthritis after bimaxillary surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990;69:274-80.
76. Kesarwani A, Antonyshyn O, Mackinnon SE, Gruss JS, Novak C, Kelly L. Facial sensibility testing in the normal and posttraumatic population. *Ann Plast Surg* 1989;22:416-25.
77. Kessler P, Kloss F, Hirschfelder U. et al. Osteodistraktion im Mittelgesicht. *Der Freie Zahnarzt* 2004;48:31.
78. Keßler P, Wiltfang J, Merten HA, Neukam FW. Distraktionsosteogenese der Mandibula bei kraniofazialen Fehlbildungen. 2000:178-82.
79. Kessler P, Wiltfang j, Schön R. Osteodistraktion. In: Hausamen J-E, Becker J, Neukam F.W ,et al., ed. *Curriculum Mund-,Kiefer-,und Gesichtschirurgie: Quintessenz Verlags-GmbH*; 2002:247-70.
80. Kinzinger GS, Janicke S, Riediger D, Diedrich PR. Orthodontic fine adjustment after vertical callus distraction of an ankylosed incisor using the floating bone concept. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;124:582-90.
81. Kiyak HA, Hohl T, West RA, McNeill RW. Psychologic changes in orthognathic surgery patients: a 24-month follow up. *J Oral Maxillofac Surg* 1984;42:506-12.
82. Kiyak HA, West RA, Hohl T, McNeill RW. The psychological impact of orthognathic surgery: A 9-month follow-up. *American Journal of Orthodontics* 1982;81:404-12.
83. Kundert M, Hadjianghelou O. Condylar displacement after sagittal splitting of the mandibular rami. A short-term radiographic study. *J Maxillofac Surg* 1980;8:278-87.

## Literaturverzeichnis

84. Kunz C, Hammer B, Prein J. Manipulation of callus after linear distraction: a "lifeboat" or an alternative to multivectorial distraction osteogenesis of the mandible? *Plast Reconstr Surg* 2000;105:674-9.
85. Leira JI, Gilhuus-Moe OT. Sensory impairment following sagittal split osteotomy for correction of mandibular retrognathism. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1991;6:161-7.
86. Luhr HG. Entwicklung der modernen Osteosynthese. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie* 2000;4:S084-S90.
87. Maurer P, Otto C, Eckert AW, Schubert J. Komplikationen bei der chirurgischen Behandlung von Dysgnathien. *Mund Kiefer GeschitsChir.* 2001;5:357-61.
88. McCarthy JG, Schreiber J, Karp N, Thorne CH, Grayson BH. Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg* 1992;89:1-8; discussion 9-10.
89. McCarthy JG, Stelnicki EF, Grayson BH. Distractionsosteogenese des Unterkiefers: Ein Zehnjahresbericht. *Inf Orthod Kieferorthop* 2000; 32 29-36.
90. McCormick SU, Grayson BH, McCarthy JG, Staffenberg D. Effect of mandibular distraction on the temporomandibular joint: Part 2, Clinical study. *J Craniofac Surg* 1995a;6:364-7.
91. McCormick SU, McCarthy JG, Grayson BH, Staffenberg D, McCormick SA. Effect of mandibular distraction on the temporomandibular joint: Part 1, Canine study. *J Craniofac Surg* 1995b;6:358-63.
92. Michieli S, Miotti B. Lengthening of mandibular body by gradual surgical-orthodontic distraction. *J Oral Surg* 1977;35:187-92.
93. Mihalik CA, Proffit WR, Phillips C. Long-term follow-up of Class II adults treated with orthodontic camouflage: a comparison with orthognathic surgery outcomes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:266-78.



## Literaturverzeichnis

94. Mobarak KA, Espeland L, Krogstad O, Lyberg T. Mandibular advancement surgery in high-angle and low-angle class II patients: different long-term skeletal responses. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;119:368-81.
95. Moen K, Wisth PJ, Skaale S, Boe OE, Tornes K. Dental or Skeletal Relapse After Sagittal Split Osteotomy Advancement Surgery? Long-Term Follow-Up. *J Oral Maxillofac Surg* 2011.
96. Molina F. Mandibular distraction osteogenesis: a clinical experience of the last 17 years. *J Craniofac Surg* 2009;20 Suppl 2:1794-800.
97. Molina F, Ortiz Monasterio F. Mandibular elongation and remodeling by distraction: a farewell to major osteotomies. *Plast Reconstr Surg* 1995;96:825-40; discussion 41-2.
98. Mommaerts M. Office-based mandibular advancement with the MD-DOS device. In: Samchukov ML, Cope JB, Cherrkashin AM, eds. *Craniofacial Distraction Osteogenesis*: Mosby; 2001:263-8.
99. Mommaerts MY, Hadjianghelou O. Positional changes after mandibular advancement by sagittal split osteotomies and wire osteosynthesis. Do combined orthodontics and the Dal Pont modification of the buccal osteotomy contribute to long-term stability? *J Craniomaxillofac Surg* 1990;18:93-106.
100. Moore KE, Gooris PJJ, Stoelinga PJW. The contributing role of condylar resorption to skeletal relapse following mandibular advancement surgery: Report of five cases. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1991;49:448-60.
101. Nardi P, Acocella A, Tedesco A, Rispoli A, Giacomelli E. Psychological aspects in orthognathic surgery. Body image and quality of life in postsurgical assessment. *Body image and quality of life in postsurgical assessment. Minerva Stomatol* 2003;52:145-52, 52-55.

## Literaturverzeichnis

102. Nemeth DZ, Rodrigues-Garcia RC, Sakai S, et al. Bilateral sagittal split osteotomy and temporomandibular disorders: rigid fixation versus wire fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89:29-34.
103. Nesari S, Kahnberg KE, Rasmusson L. Neurosensory function of the inferior alveolar nerve after bilateral sagittal ramus osteotomy: a retrospective study of 68 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:495-8.
104. Nishioka GJ, Zysset MK, Van Sickels JE. Neurosensory disturbance with rigid fixation of the bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 1987;45:20-6.
105. Norholt SE, Jensen J, Schou S, Pedersen TK. Complications after mandibular distraction osteogenesis: a retrospective study of 131 patients. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2011;111:420-7.
106. Oland J, Jensen J, Melsen B. Factors of importance for the functional outcome in orthognathic surgery patients: a prospective study of 118 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2010;68:2221-31.
107. Ow A, Cheung LK. Skeletal stability and complications of bilateral sagittal split osteotomies and mandibular distraction osteogenesis: an evidence-based review. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:2344-53.
108. Ow A, Cheung LK. Bilateral sagittal split osteotomies and mandibular distraction osteogenesis: a randomized controlled trial comparing skeletal stability. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010a;109:17-23.
109. Ow A, Cheung LK. Bilateral sagittal split osteotomies versus mandibular distraction osteogenesis: a prospective clinical trial comparing inferior alveolar nerve function and complications. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2010b;39:756-60.
110. Palmer M. Kallusdistraktion: Zwei Fallbeispiele. *Inf Orthod Kieferorthop* 1998; 4: 781-98.

## Literaturverzeichnis

111. Pangrazio-Kulbersh V, Berger JL, Kaczynski R, Shunock M. Stability of skeletal Class II correction with 2 surgical techniques: the sagittal split ramus osteotomy and the total mandibular subapical alveolar osteotomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001;120:134-43.
112. Panula K, Finne K, Oikarinen K. Neurosensory deficits after bilateral sagittal split ramus osteotomy of the mandible--influence of soft tissue handling medial to the ascending ramus. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:543-8.
113. Peltomaki T, Grayson BH, Vendittelli BL, Katzen T, McCarthy JG. Moulding of the generate to control open bite during mandibular distraction osteogenesis. *Eur J Orthod* 2002;24:639-45.
114. Posnick JC, Zimble AG, Grossman JA. Normal cutaneous sensibility of the face. *Plast Reconstr Surg* 1990;86:429-33; discussion 34-5.
115. Pratt CA, Tippett H, Barnard JD, Birnie DJ. Labial sensory function following sagittal split osteotomy. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1996;34:75-81.
116. Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. Orthognathic surgery: a hierarchy of stability. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1996;11:191-204.
117. Proffit WR, Turvey TA, Phillips C. The hierarchy of stability and predictability in orthognathic surgery with rigid fixation: an update and extension. *Head Face Med* 2007;3:21.
118. Rafferty KL, Sun Z, Egbert M, Bakko DW, Herring SW. Changes in growth and morphology of the condyle following mandibular distraction in minipigs: overloading or underloading? *Arch Oral Biol* 2007;52:967-76.
119. Reitzik M. The surgical correction of mandibular prognathism using rigid internal fixation--a report of a new technique together with its long-term stability. *Ann R Coll Surg Engl* 1988;70:380-5.

120. Robinson PP. Observations on the recovery of sensation following inferior alveolar nerve injuries. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1988;26:177-89.
121. Rosenthal W. Missbildungen und Deformitäten des Gesichtes und der Kiefer. In: Sonntag E, Rosenthal W (Hrsg); *Lehrbuch der Mund- und Kieferchirurgie*. Leipzig: Georg Thieme; 1930:171-5.
122. Samchukov ML, Cope JB, Cherrkashin AM. Biologic Basis of new Bone Formation under the Influence of Tension Stress. In: Samchukov ML, Cope JB, Cherrkashin AM, eds. *Craniofacial Distraction Osteogenesis*: Mosby; 2001:21-36.
123. Samchukov ML, Makarov MR, Cherkashin AM, Birch JG. Distraction Osteogenesis of the Orthopedic Skeleton: Basic Principles and Clinical Applications. In: Pietrzak WS, ed. *Musculoskeletal tissue regeneration: biological materials and methods*. Chicago: Humana Press; 2008:183-98.
124. Sato T, Okada Y, Miyamoto T, Fujiyama R. Distributions of sensory spots in the hand and two-point discrimination thresholds in the hand, face and mouth in dental students. *Journal of Physiology-Paris* 1999;93:245-50.
125. Scheerlinck JP, Stoelinga PJ, Blijdorp PA, Brouns JJ, Nijs ML. Sagittal split advancement osteotomies stabilized with miniplates. A 2-5-year follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1994;23:127-31.
126. Schendel S, Linck II DW. Logarithmic Distraction of the Mandible Using an Internal Curved Distractor. In: D. William H. Bell CAG, DDS. ,, ed. In: *Distraction Osteogenesis of the Facial Skeleton*. Hamilton: BC Decker Inc; 2007:389-96.
127. Schopf P. Dysgnathien in Stichworten. In: Schopf P, ed. *Curriculum Kieferorthopädie Band II*. 4 ed: Quintessenz Verlags-GmbH; 2008:581-756.
128. Schreuder WH, Jansma J, Bierman MWJ, Vissink A. Distraction osteogenesis versus bilateral sagittal split osteotomy for advancement of the retrognathic mandible: a review of the literature. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2007;36:103-10.

129. Schultze-Mosgau S, Krems H, Ott R, Neukam FW. A prospective electromyographic and computer-aided thermal sensitivity assessment of nerve lesions after sagittal split osteotomy and Le Fort I osteotomy. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 2001;59:128-38.
130. Serafin B, Perciaccante VJ, Cunningham LL. Stability of Orthognathic Surgery and Distraction Osteogenesis: Options and Alternatives. *Oral and maxillofacial surgery clinics of North America* 2007;19:311-20.
131. Sickels JE, Casmedes P, Weil T. Long-Term Stability of Maxillary and Mandibular Osteotomies with Rigid Internal Fixation. In: Greenberg AM, Prein J, eds. *Cranio-maxillofacial Reconstructive and Corrective Bone Surgery*: Springer New York; 2002:639-59.
132. Simmons KE, Turvey TA, Phillips C, Proffit WR. Surgical-orthodontic correction of mandibular deficiency: five-year follow-up. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1992;7:67-79.
133. Spiessl B. Osteosynthese bei sagittaler Osteotomie nach Obwegeser-Dal Pont. *Fortschr Kiefer Gesichtschir* 1974;18: :145–53.
134. Steinhäuser EW. Historical development of orthognathic surgery. *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery* 1996;24:195-204.
135. Steinhäuser EW. Rückblick auf die Entwicklung der Dysgnathiechirurgie und Ausblick. 2003:371-9.
136. Stockmann P, Bohm H, Driemel O, Muhling J, Pistner H. Resorbable versus titanium osteosynthesis devices in bilateral sagittal split ramus osteotomy of the mandible - the results of a two centre randomised clinical study with an eight-year follow-up. *J Craniomaxillofac Surg* 2010;38:522-8.

## Literaturverzeichnis

137. van Strijen PJ, Breuning KH, Becking AG, Perdijk FB, Tuinzing DB. Complications in bilateral mandibular distraction osteogenesis using internal devices. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:392-7.
138. van Strijen PJ, Breuning KH, Becking AG, Tuinzing DB. Stability after distraction osteogenesis to lengthen the mandible: results in 50 patients. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:304-7.
139. Suhr MA, Kreuzsch T. Technical considerations in distraction osteogenesis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004;33:89-94.
140. Suuronen R, Laine P, Kontio R, C. L. Complications associated with bioresorbable plating systems during 10 years in 204 patients. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery : official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 2002;40:(Suppl 1):140.
141. Tammoscheit U-G. Epidemiologie, Pathogenese und Ätiologie. . In: Miethke R-R, Dieter D. (Hrsg.), ed. *Kleines Lehrbuch der Angle Klasse II,1 unter besonderer Berücksichtigung der Behandlung*. Berlin: Quintessenz 1996:19-34.
142. Teerijoki-Oksa T, Jaaskelainen SK, Forssell K, et al. Risk factors of nerve injury during mandibular sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2002;31:33-9.
143. Throckmorton GS, Ellis E, 3rd, Sinn DP. Functional characteristics of retrognathic patients before and after mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1995;53:898-908; discussion -9.
144. Throckmorton GS, Finn RA, Bell WH. Biomechanics of differences in lower facial height. *Am J Orthod* 1980;77:410-20.
145. Thurmüller P, Troulis MJ, Rosenberg A, Chuang SK, Kaban LB. Microscopic changes in the condyle and disc in response to distraction osteogenesis of the minipig mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 2006;64:249-58.

## Literaturverzeichnis

146. Trauner R, Obwegeser H. The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1957;10:677-89; contd.
147. Triaca A, Minoretti R, Dimai W, Berz R. Multiaxis intraoral distraction of the mandible. In: Samchukov ML, Cope JB, M. CA, eds. *In:Craniofacial Distraction Osteogenesis*: Mosby; 2001:323-33.
148. Tsouloukidse S. Cephalometrische Analyse des Gesichtsschädelskelettes nach intraoraler Callusdistraktion des Unterkiefers [Dissertation]: die Medizinische Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin. ; 2002.
149. Tucker MR. Management of severe mandibular retrognathia in the adult patient using traditional orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:1334-40.
150. Tucker MR, Farrell BB. Bilateral Sagittal Ramus Osteotomy versus Distraction Osteogenesis for Mandibular Advancement: Argument for Conventional Orthognathic Surgery. In: William H. Bell D, César A. Guerrero, DDS, ed. *Distraction Osteogenesis of the Facial Skeleton*. Hamilton: BC Decker Inc; 2007:307-22.
151. Upton LG, Rajvanakarn M, Hayward JR. Evaluation of the regenerative capacity of the inferior alveolar nerve following surgical trauma. *J Oral Maxillofac Surg* 1987;45:212-6.
152. Van Sickels JE, Dolce C, Keeling S, Tiner BD, Clark GM, Rugh JD. Technical factors accounting for stability of a bilateral sagittal split osteotomy advancement: wire osteosynthesis versus rigid fixation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000;89:19-23.
153. Van Sickels JE, Hatch JP, Dolce C, Bays RA, Rugh JD. Effects of age, amount of advancement, and genioplasty on neurosensory disturbance after a bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:1012-7.

## Literaturverzeichnis

154. Van Sickels JE, Larsen AJ, Thrash WJ. A retrospective study of relapse in rigidly fixated sagittal split osteotomies: contributing factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1988;93:413-8.
155. Van Sickels JE, Richardson DA. Stability of orthognathic surgery: a review of rigid fixation. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1996;34:279-85.
156. Vos MD, Baas EM, de Lange J, Bierenbroodspot F. Stability of mandibular advancement procedures: Bilateral sagittal split osteotomy versus distraction osteogenesis. *International journal of oral and maxillofacial surgery* 2009;38:7-12.
157. Wangerin K. Distraction in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. *Oral and Maxillofacial Surgery* 2000;4:S226-S36.
158. Wangerin K. Dysgnathiechirurgie einschließlich Distractionsosteogenese. *Der MKG-Chirurg* 2010;3:145-62.
159. Watted N, Bill JS, Peters C. Therapiekonzept zur kombinierten kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlung von Klasse-II-Dysgnathien mit Short-face-Syndrom. 2000:118-24.
160. Watzke IM, Turvey TA, Phillips C, Proffit WR. Stability of mandibular advancement after sagittal osteotomy with screw or wire fixation: A comparative study. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1990;48:108-21.
161. Westermark A, Bystedt H, von Konow L. Inferior alveolar nerve function after sagittal split osteotomy of the mandible: correlation with degree of intraoperative nerve encounter and other variables in 496 operations. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery* 1998;36:429-33.
162. Westermark A, Englesson L, Bongenhielm U. Neurosensory function after sagittal split osteotomy of the mandible: a comparison between subjective evaluation and objective assessment. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 1999;14:268-75.



## Literaturverzeichnis

163. Whitesides LM, Meyer RA. Effect of distraction osteogenesis on the severely hypoplastic mandible and inferior alveolar nerve function. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:292-7.
164. Wijbenga JG, Verlinden CR, Jansma J, Becking AG, Stegenga B. Long-lasting neurosensory disturbance following advancement of the retrognathic mandible: distraction osteogenesis versus bilateral sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2009;38:719-25.
165. Will LA, West RA. Factors influencing the stability of the sagittal split osteotomy for mandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg* 1989;47:813-8.
166. Ylikontiola L. Neurosensory disturbance after bilateral sagittal split osteotomy. Oulu: University of Oulu; 2002.
167. Ylikontiola L, Kinnunen J, Oikarinen K. Comparison of different tests assessing neurosensory disturbances after bilateral sagittal split osteotomy. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1998;27:417-21.
168. Ylikontiola L, Kinnunen J, Oikarinen K. Factors affecting neurosensory disturbance after mandibular bilateral sagittal split osteotomy. *J Oral Maxillofac Surg* 2000;58:1234-9; discussion 9-40.
169. Ylikontiola L, Vesala J, Oikarinen K. Repeatability of 5 clinical neurosensory tests used in orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg* 2001;16:36-46.
170. Yoshida T, Nagamine T, Kobayashi T, et al. Impairment of the inferior alveolar nerve after sagittal split osteotomy. *J Craniomaxillofac Surg* 1989;17:271-7.
171. Zarrinkelk HM, Throckmorton GS, Ellis E, 3rd, Sinn DP. Functional and morphologic changes after combined maxillary intrusion and mandibular advancement surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 1996;54:828-37.

## 6 Abbildungsverzeichnis

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Abb. 1-1 | Behandlungsverlauf bei der kombinierten kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Dysgnathiebehandlung (Hoffmeister 2006).....  | 11 |
| Abb. 1-2 | Schleossmann: flächenhafte Durchtrennung des Ramus 1922 (Hoffmann-Axthelm 1995) .....  | 13 |
| Abb. 1-3 | Sagittale Spaltung der aufsteigenden Unterkieferäste .....   | 14 |
| Abb. 1-4 | Schematische Darstellung einer retromolaren sagittalen Osteotomie in der Modifikation nach HUNSUCK/EPKER mit Vorverlagerung.....   | 15 |
| Abb. 1-5 | Behandlungsablauf der Distraktionsosteogenese (Hoffmeister 2006).....  | 19 |
| Abb. 1-6 | Behandlungsablauf nach dem „floating bone concept“ (Hoffmeister 2006).....   | 21 |
| Abb. 2-1 | Horizontaler unidirektionaler Distraktor der Firma Martin für den horizontalen Ast des Unterkiefers. ....  | 27 |
| Abb. 2-2 | Schematische Darstellung der Distraktionsosteogenese des horizontalen Unterkieferastes (Hoffmeister 2006).....   | 28 |
| Abb. 2-3 | Schematische Darstellung der Vorverlagerung des Unterkiefers nach sagittaler Spaltung nach Obwegeser/Dal Pont (Hoffmeister 2006). ....   | 31 |
| Abb. 2-4 | Greulich-Stern der Firma Link GmbH und Co, Hamburg.....  | 34 |
| Abb. 2-5 | Die verwendeten Fernröntgenseitenbilder für die zephalometrische Auswertung (Pat.-Nr: 5). ....   | 36 |
| Abb. 2-6 | Die verwendeten Winkel zur Beurteilung der Positionsveränderungen des aufsteigenden Astes, zur Bestimmung der Lage des Unterkiefers in der sagittalen Ebene, und der Mandibularebene. .... | 40 |
| Abb. 2-7 | Die verwendeten Strecken zur Ermittlung der sagittalen und vertikalen B-Punkt-Positionsveränderungen. ....   | 41 |
| Abb. 3-1 | Tortendiagramm der Geschlechterverteilung in der DO- und der BSSO-Gruppe.....  | 44 |
| Abb. 3-2 | Box-Plot-Graphik des durchschnittlichen Lebensalters der Patienten der DO- und der BSSO-Gruppe zum Zeitpunkt der Operation.....  | 45 |
| Abb. 3-3 | Box-Plot-Graphik des durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraums zwischen Operation und Nachuntersuchung. ....  | 45 |
| Abb. 3-4 | Tortendiagramm mit Darstellung zusätzlicher operativer Prozeduren.....   | 46 |

## Abbildungsverzeichnis

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Abb. 3-5  | Box-Plot-Graphik der durchschnittlichen Vorverlagerungsstrecke der Mandibula nach DO und BSSO. ....                      | 47 |
| Abb. 3-6  | Box-Plot-Graphik der durchschnittlich erreichten Vorverlagerungsstrecke der Mandibula (SBH2-SBH1) nach DO und BSSO. .... | 48 |
| Abb. 3-7  | Das Balkendiagramm zeigt die horizontale Bewegung des B-Punktes ..   | 49 |
| Abb. 3-8  | Das Balkendiagramm zeigt die Langzeitstabilität bzw. das Rezidiv am ..   | 49 |
| Abb. 3-9  | Box-Plot-Graphik des horizontalen Langzeitrezidivs am B-Punkt. ....  | 50 |
| Abb. 3-10 | Das Balkendiagramm zeigt das prozentuale Rezidiv am B-Punkt. ....  | 51 |
| Abb. 3-11 | Box-Plot-Graphik des prozentualen horizontalen Langzeitrezidivs am B-Punkt. ....   | 51 |
| Abb. 3-12 | Das Balkendiagramm zeigt die vertikale Bewegung des B-Punktes .....  | 52 |
| Abb. 3-13 | Das Balkendiagramm zeigt die vertikale Langzeitstabilität bzw. ....  | 53 |
| Abb. 3-14 | Box-Plot-Graphik des vertikalen Langzeitrezidivs am B-Punkt. ....  | 53 |
| Abb. 3-15 | Das Balkendiagramm zeigt die Änderung des SNB-Winkels. ....  | 54 |
| Abb. 3-16 | Das Balkendiagramm zeigt die Langzeitstabilität des SNB-Winkels. ....  | 55 |
| Abb. 3-17 | Box-Plot-Graphik zeigt die Langzeitstabilität des SNB-Winkels. ....  | 55 |
| Abb. 3-18 | Box-Plot Graphik zeigt die prozentuale langzeitige Stabilität des SNB-Winkels. ....                                      | 56 |
| Abb. 3-19 | Das Balkendiagramm zeigt die Änderung des SN/Ar-Rtgh-Winkels .....   | 57 |
| Abb. 3-20 | Das Balkendiagramm zeigt die Langzeitstabilität der Position des aufsteigenden Astes des Unterkiefers. ....              | 58 |
| Abb. 3-21 | Box-Plot Graphik-zeigt die langzeitige Stabilität des SN/Ar-Rtgh-Winkels. ....   | 58 |
| Abb. 3-22 | Das Balkendiagramm der präoperativen Mandibularebene (ML/SNL) der DO- und der BSSO-Patienten.....                        | 59 |
| Abb. 3-23 | Box-Plot-Graphik zeigt den Winkel der Mandibularebene (ML/SNL).....  | 60 |
| Abb. 3-24 | Box-Plot- Graphik der maximalen SKD in der Gruppe der DO- und der BSSO-Patienten. ....                                   | 61 |
| Abb. 3-25 | Tortendiagramm der maximalen SKD in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index. ....                             | 62 |
| Abb. 3-26 | Tortendiagramm zur subjektiven Einschätzung der Mundöffnungseinschränkung in der DO- und der BSSO-Gruppe.....            | 63 |
| Abb. 3-27 | Box-Plot-Graphik der Protrusion in der DO- und der BSSO-Gruppe.....  | 63 |

## Abbildungsverzeichnis

|           |  |    |
|-----------|--|----|
| Abb. 3-28 | Tortendiagramm der Protrusion in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index. ....                      | 64 |
| Abb. 3-29 | Box-Plot-Graphik der lateralen Exkursion des Unterkiefers nach rechts.   | 65 |
| Abb. 3-30 | Box-Plot-Graphik der lateralen Exkursion des Unterkiefers nach links. ..                                       | 65 |
| Abb. 3-31 | Tortendiagramm der lateralen Exkursion nach rechts in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index. .... | 66 |
| Abb. 3-32 | Tortendiagramm der lateralen Exkursion nach links in der DO- und der BSSO-Gruppe nach dem Helkimo-Index. ....  | 67 |
| Abb. 3-33 | Tortendiagramm der aktuellen präaurikulären Druckdolenz.....   | 68 |
| Abb. 3-34 | Tortendiagramm der aktuellen subjektiven KG-Schmerzen. ....  | 68 |
| Abb. 3-35 | Tortendiagramm der subjektiven Bewertung der Sensibilität der Unterlippe. ....                                 | 69 |
| Abb. 3-36 | Tortendiagramm der Thermosensibilität der Unterlippe. ....   | 70 |
| Abb. 3-37 | Tortendiagramm des Spitz-Stumpf-Tests der Unterlippe. ....   | 70 |
| Abb. 3-38 | Box-Plot-Graphik des Zwei-Punkt-Diskriminations-Tests der Unterlippe.  | 71 |
| Abb. 3-39 | Tortendiagramm der Kaufunktion.....  | 72 |
| Abb. 3-40 | Tortendiagramm der Zufriedenheit mit dem Profil. ....  | 73 |
| Abb. 3-41 | Tortendiagramm der Entscheidung für eine Wiederholung der OP.....  | 73 |
| Abb. 3-42 | Tortendiagramm der Verschlechterung der Ergebnisse.....  | 74 |

## 7 Tabellenverzeichnis

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tab. 2-1 | Die gebrauchten knöchernen Referenzpunkte ..... | 37 |
| Tab. 2-2 | Die gebrauchten Referenzlinien .....            | 38 |
| Tab. 2-3 | Gemessene Winkel oder Linear- Strecke.....      | 39 |
| Tab. 2-4 | Methodenfehlerberechnungen.....                 | 43 |

## 8 Verzeichnis der Abkürzungen

|             |  |
|-------------|--|
| Ar          | Artikuläre   |
| Ar-Rtgh     | Die Linie zwischen Artikulare und hinterstem Punkt des Processus angularis                   |
| B           | Der tiefste Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefers                                     |
| BSSO        | Bilaterale sagittale Spaltungsosteotomie   |
| CBF         | Universitätsklinikum Campus Benjamin Franklin  |
| DO          | Distractionsosteogenese  |
| etc.        | et cetera  |
| FRS         | Fernröntgenseitenbild  |
| Go          | Gonion   |
| IMF         | Intermaxilläre Fixation  |
| ML/SNL      | Der Winkel zwischen SN-Linie und der Mandibularebene   |
| Me          | Menton   |
| N           | Nasion   |
| o. g.       | oben genannt   |
| Rtgh        | Hinterster Punkt des Processus angularis   |
| S           | Sella  |
| SN /Ar-Rtgh | Der Winkel zwischen SN-Linie und Ar-Rtgh-Linie   |
| SNB         | Winkel aus Sella – Nasion – B-Punkt  |
| SBH         | Sagittaler Abstand zwischen S- und B-Punkten   |
| SBH1        | Präoperativer sagittaler Abstand zwischen S- und B-Punkten                                   |
| SBH2        | Postoperativer sagittaler Abstand zwischen S- und B-Punkten                                  |
| SBH3        | Postoperativer sagittaler Abstand zwischen S- und B-Punkten (im Rahmen der Nachuntersuchung) |
| SBV         | Vertikaler Abstand zwischen S- und B-Punkten   |
| SBV1        | Präoperativer vertikaler Abstand zwischen S- und B-Punkten                                   |
| SBV2        | Postoperativer vertikaler Abstand zwischen S- und B-Punkten                                  |
| SBV3        | Postoperativer vertikaler Abstand zwischen S- und B-Punkten (im Rahmen der Nachuntersuchung) |
| SKD         | Schneidekantendistanz  |
| T1          | Präoperatives FRS  |
| T2          | Postoperatives FRS   |
| T3          | Im Rahmen der Nachuntersuchung der Patienten   |
| u. U.       | unter Umständen  |

## Abkürzungen

|     |   |
|-----|---|
| X   | (SN1-Achse) Die durch die Sella (S) 7° von der Sella-Nasion (SN) (nach unten) rotierend gezeichnete Linie |
| Y   | (Y-Achse) eine Senkrechte zur X-Achse in Punkt S  |
| 2PD | Zwei-Punkt-Diskrimination   |

## 9 Anhänge

### 9.1 Fragebogen

Name: .....

Vorname:.....

geb:.....

Straße.....

PLZ/Ort.....

Telefon:.....

Beruf:.....

#### **Einverständniserklärung**

Diese klinische Untersuchung vergleicht die Langzeitergebnisse nach Vorverlagerung des Unterkiefers mittels Unterkieferdistraction oder konventioneller Unterkieferspaltung nach Obwegeser DalPont hinsichtlich Langzeitstabilität (Rezidivrate), Sensibilitätsstörung der Unterlippe, okklusaler Beziehung von Ober- und Unterkiefer sowie funktionelle Adaptation der Kiefergelenke.

Ich erkläre mich mit der Untersuchung und den zur Durchführung erforderlichen Untersuchungsmethoden einverstanden und stimme zu, dass die hier erhobenen Daten wissenschaftlich analysiert und ausgewertet werden. Über die Ergebnisse der Studie werde ich nach Auswertung der Untersuchungen schriftlich informiert, die Teilnahme an dieser Untersuchung erfolgt freiwillig.

**Datum, Unterschrift**



**Bitte beantworten Sie folgende Fragen**

- Sind Sie zurzeit in kieferorthopädischer Behandlung?.....  ja  nein
- Wann waren Sie zuletzt in kieferorthopädischer Behandlung?.....
- Name des Kieferorthopäden: .....
- Wie zufrieden sind Sie mit dem ästhetischen Ergebnis (Gesichtsprofil) der Behandlung?  
 sehr zufrieden  zufrieden  indifferent  unzufrieden  sehr unzufrieden
- Haben Sie Beschwerden/Schmerzen im Kiefergelenk oder beim Kauen?  
 starke Schmerzen  gelegentliche Schmerzen  keine Schmerzen
- Haben Sie das Gefühl einer noch vorhandenen operationsbedingten Restschwellung?  
 ja  nein
- Können Sie heute besser kauen als vor der Operation?  
 ja  kein Unterschied  nein
- Haben Sie das Gefühl einer noch eingeschränkten Mundöffnung/Mundbeweglichkeit?  
 ja  kein Unterschied  nein
- Wie taub ist Ihre Unterlippe?  
 taub  leicht taub  nicht taub
- Würden Sie den Eingriff nochmals durchführen lassen?  
 auf jeden Fall  vielleicht  auf keinen Fall
- Hat sich das Operationsergebnis im Laufe der Zeit verschlechtert ?  
 ja  weiß nicht  nein
- Wenn ja, bitte näher beschreiben.  
.....

## 9.2 Untersuchungsprotokoll

Patientenname.....

Patientennummer.....

### Klinische Untersuchung :

➤ *funktionelle Kiefergelenkanalyse (TMJ Funktion)*

| <b>Funktions-<br/>prüfung</b>      | <b>Präoperativ<br/>(falls vorhanden)</b> |                          | <b>Postoperativ<br/>(Bei der Nachuntersuchung)</b> |                          |
|------------------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------|
| <b>präaurikuläre<br/>Schmerzen</b> | Ja, leicht                               | <input type="checkbox"/> | Ja, leicht   | <input type="checkbox"/> |
|                                    | Ja, stark                                | <input type="checkbox"/> | Ja, stark  | <input type="checkbox"/> |
|                                    | nein                                     | <input type="checkbox"/> | nein   | <input type="checkbox"/> |
| <b>maximale<br/>Mundöffnung</b>    | mm                                       |                          | mm   |                          |
| <b>protrusive<br/>Bewegung</b>     | mm                                       |                          | mm   |                          |
| <b>laterale<br/>Exkursion</b>      | rechts                                   | mm                       | rechts   | mm                       |
|                                    | links                                    | mm                       | links  | mm                       |

➤ **Sensibilität der Unterlippe:**

| <b>Sensibilitäts-<br/>prüfung</b>     | <b>Sensibilität der Unterlippe</b> |                       |                   |          |                       |                   |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------|----------|-----------------------|-------------------|
|                                       | rechts                             |                       |                   | links    |                       |                   |
| <b>Zwei-Punkt-<br/>Diskrimination</b> |                                    |                       |                   |          |                       |                   |
| <b>spitz-stumpf</b>                   | positiv                            | partiell<br>positiv   | negativ           | positiv  | partiell<br>positiv   | negativ           |
|                                       |                                    |                       |                   |          |                       |                   |
| <b>Thermo-<br/>sensibilität</b>       | sensibel                           | teilweise<br>sensibel | nicht<br>sensibel | sensibel | teilweise<br>sensibel | nicht<br>sensibel |
|                                       |                                    |                       |                   |          |                       |                   |

### 9.3 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Ghaleb Al Khatib , versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: [Langzeitergebnisse nach operativer Vorverlagerung des Unterkiefers :Vergleich zwischen konventioneller Vorverlagerung und Distraktionsosteogenese nach dem „floating bone concept“ nach ca. zehn Jahren] selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.

Datum

Unterschrift

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

## **9.4 Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.



## **9.5 Danksagung**

Hiermit möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. Bodo Hoffmeister für die Betreuung meiner Promotion und sein Verständnis sowie die immerwährende freundliche und geduldige Unterstützung danken.

Besonders herzlich möchte ich mich bei unserem leitenden Oberarzt Dr. Dr. Ervens für seine fortlaufende freundliche und geduldige Unterstützung bedanken.

Frau Schink danke ich besonders für ihre Hilfsbereitschaft bezüglich der Arbeit und dass sie immer Zeit für ein freundliches Wort hatte.

Allen Mitarbeitern unserer Abteilung bzw. des Charité Campus Benjamin Franklin, die mich bei meiner Arbeit sehr bereitwillig und verständnisvoll unterstützt haben, möchte ich auch meinen ausdrücklichen Dank aussprechen.

Nicht zuletzt gilt mein besonderes Dankeschön meinen Eltern und meiner Frau für ihre Liebe und Unterstützung, die sie mir entgegenbrachten und -bringen und dass sie mich immer in meinem Vorhaben bestärkten und an mich geglaubt haben.

Vielen lieben Dank für alles!