

Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
(Direktor : Prof. Dr. Dr. J. Wiltfang)  
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel  
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**HÖHENVERLUST DES ALVEOLARFORTSATZES NACH  
VERTIKALEN AUGMENTATIONEN –  
DISTRAKTIONSOSTEOGENESE VERSUS  
AUFLAGERUNGSOSTEOPLASTIK VERSUS  
SINUSBODENELEVATION**

Inauguraldissertation  
zur  
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde  
der Medizinischen Fakultät  
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

**JAN - OVE LORNSSEN NISSEN**

aus Stade

Kiel 2010

1. Berichterstatter : Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden

2. Berichterstatter : Prof. Dr. Matthias Kern

Tag der mündlichen Prüfung: 04.05.2010

Zum Druck genehmigt, Kiel, den: 10.03.2010

gez.: Prof. Dr. Dr. Ingolf Cascorbi

**MEINEN ELTERN  
IN DANKBARKEIT GEWIDMET**

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1. HINTERGRUND	1
1.2. PROBLEMSTELLUNG	1
1.3. AUGMENTATIONSVERFAHREN	3
1.4. HYPOTHESE UND FRAGESTELLUNG	7
<b>2 MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>9</b>
2.1. STUDIENDESIGN	9
2.2. PATIENTENKOLLEKTIV	9
2.3. ZIELPARAMETER UND NEBENPARAMETER	13
2.4. MODIFIZIERUNG DER RÖNTGENBILDER	16
2.5. MESSMETHODEN	17
2.6. STATISTISCHE METHODEN	21
<b>3 ERGEBNISSE</b>	<b>22</b>
3.1. DISTRAKTIONSOSTEOGENESE	25
3.2. AUFLAGERUNGSOSTEOPALSTIK MIT FREIEM BECKENKAMMTRANSPLANTAT	26
3.3. SINUSBODENELEVATION	28
3.4. STATISTISCHER VERGLEICH DER METHODEN	31
<b>4 DISKUSSION</b>	<b>35</b>
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>43</b>
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>44</b>

# **1. EINLEITUNG**

## **1.1. Hintergrund**

Die Atrophie des Alveolarkammes nach Zahnverlust oder Zahnextraktion (10,75), die Höhenverminderung nach Verletzungen oder Tumorerkrankungen sowie kongenitale Deformationen können Ursachen dafür sein, dass kein ausreichender Knochen zur Verankerung von enossalen Implantaten vorhanden ist. Um dennoch eine Wiederherstellung des stomatognathen Systems mit Hilfe von Implantaten zu erreichen, ist häufig ein präimplantologischer, ossärer Aufbau notwendig. Die vertikale Distraktionsosteogenese, die Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat und die Sinusbodenelevation sind einige Verfahren zur Rehabilitation der Knochenhöhe.

## **1.2. Problemstellung**

Durch mehrere Langzeitstudien wurde gezeigt, dass die Wiederherstellung des stomatognathen Systems mit Hilfe von enossalen Implantaten ein zuverlässiges Verfahren sowohl im teilweise als auch im komplett zahnlosen Gebiss darstellt (1,2,9,46,48,49,51,84). In den Fällen, bei denen die Alveolarkammhöhe zur Einbringung von ausreichend langen dentalen Implantaten nicht reicht, ist ein vorheriger ossärer Aufbau notwendig. Präimplantologisch aufgebaute Knochen hat jedoch den Nachteil, dass er eine, dem jeweiligen Augmentationsverfahren zuzuschreibende, unterschiedlich stark ausgeprägte Resorptionsneigung aufweist, die die physiologische Altersinvolution (74) überschreiten kann. Eine gute Knochenqualität sowie eine quantitativ ausreichende Menge an Knochen sind entscheidende Faktoren für den Langzeiterfolg einer implantatgetragenen zahnärztlich-prothetischen Versorgung (8). Die vertikale Distraktionsosteogenese wird gerade in dieser Hinsicht im Vergleich mit einem freien Knochentransplantat im Vorteil gesehen (32,33,47). Aufgrund der vaskulären Versorgung über das Periost sowie die Mukosa kann das Transplantat als gestielt angesehen werden, was eine geringere Resorptionsrate erwarten lässt (45). Nach Chiapasco et al. (11) betrug der durchschnittliche Höhenverlust des Alveolarfortsatzes - zwei Jahre nachdem das Implantat mit einem Abutment versorgt wurde - 24,2 %, nach drei Jahren 36,4 % und nach vier Jahren 50,5 %. Die durchschnittlich aufgebaute Knochenhöhe wurde mit 9,9 mm angegeben.

In einer anderen prospektiven Studie zur Korrektur vertikaler Alveolarfortsatzdefekte stellte Chiapasco der Distraktionsosteogenese die Auflagerungsosteoplastik mit Hilfe autologer

Knochenblöcke, welche intraoral aus dem Unterkieferast gewonnen wurden, gegenüber (13). Er kam zu dem Ergebnis, dass die Knochenresorption vor Implantatinsertion in der Gruppe der autologen Knochentransplantate signifikant ( $P= 0,01$ ) höher war als in der Gruppe der Distractionsosteogenese. Keine Unterschiede sah er in der periimplantären Knochenresorption. Ebenso waren keine statistisch signifikanten Differenzen in der Überlebens- und Erfolgsrate der Implantate zu finden. Die klinischen Parameter unterschieden sich ebenfalls nicht. Zusammenfassend stellte Chiapasco fest, dass die Überlebens- und Erfolgsrate von Implantaten, die in den Knochen eingebracht wurden, der entweder mittels der Distractionsosteogenese oder der Auflagerungsosteoplastik aufgebaut wurde, sich nicht unterschieden von der Überlebens- und Erfolgsrate von Implantaten, die in den nicht augmentierten Knochen eingebracht wurden. Ein großer Vorteil gegenüber der Auflagerungsosteoplastik lag darin, dass bei der Distractionsosteogenese auf eine Knochentransplantation und das Risiko der damit verbundenen Morbidität verzichtet werden konnte.

Bei der vertikalen Auflagerungsosteoplastik ohne weitere Implantatversorgung – also bei unbelastetem Knochen – gehen die Resorptionswerte weit auseinander. Koberg (43) gab Werte von 51 % im ersten postoperativen Jahr und 75 % nach 2 Jahren an. Nach vier Jahren betrug der beobachtete Knochenabbau sogar 91 %. Im Gegensatz dazu berichten Swart und Allard (73) nach vier Jahren von einer 56 %igen durchschnittlichen Knochenresorption.

Entscheidend ist, wie schnell die kaufunktionelle Belastung durch die im augmentierten Knochen osseointegrierten Implantate erfolgen kann (56). In der Literatur werden Einheitszeiten von 3-8 Monaten (3,7,38,85) angegeben. Neukam et al. (56) zeigten anhand knochenszintigraphischer Verlaufskontrollen, dass bereits nach 3-4 Monaten das aufgelagerte Knochentransplantat knöchern eingebaut und damit belastbar ist. Die vertikale Höhenreduktion von in diesem Fall belastetem Knochen betrug 0,7 mm im ersten Jahr nach Implantatfreilegung und 1,3 mm im zweiten Jahr. In den darauf folgenden Jahren betrug der Knochenabbau 0,15 mm pro Jahr. Der letzte Wert entspricht damit einer physiologischen Altersinvolution (74).

Strietzel (72) gab in seiner Arbeit an, dass die Stabilität des Augmentats bei der Sinusbodenelevation und –augmentation materialabhängig zu sein scheint. Er arbeitete heraus, dass der Erhalt der ursprünglichen Augmentathöhe bei autologem Knochen signifikant besser sei als bei der Verwendung von Knochenersatzmaterialien ( $p < 0,05$  (27)). Die Kombination von deproteinisierter boviner Knochenmatrix mit autologem Knochen zeigte Resorptionswerte des Augmentats zwischen 1,4 % (26) und 10 % (30) von der Ausgangshöhe nach 1-3 Jahren.

Bereits nach 6 Monaten war ein signifikanter Abfall der Höhe vom Ausgangswert zu verzeichnen. Über 4mm Höhenreduktion nach durchschnittlich 7 Jahren wurden bei demineralisierter Knochenmatrix ohne Zugabe von autologem Knochen registriert (5). Nahezu stabile Verhältnisse zeigten sich, wenn als Augmentationsmaterial eine Mischung von demineralisierter Knochenmatrix und autologem Knochen verwendet wurde (5). Entsprechende Ergebnisse waren bei dem Einsatz von alloplastischem Knochenersatzmaterial bzw. dem Gemisch aus alloplastischem Material und autologem Knochen nach 3 Jahren zu verzeichnen (27,36).

### **1.3. Augmentationsverfahren**

#### Die vertikale Distractionsosteogenese

Bei der Osteodistraction handelt es sich um das jüngste Verfahren des Alveolarkammaufbaues. 1973 wurde die Einsatzmöglichkeit im Kiefer- und Gesichtsbereich erstmals von Snyder et al. (71) im Rahmen eines Tierversuches untersucht. Erste klinische Untersuchungen am menschlichen Unterkiefer wurden 1989 durchgeführt, über die McCarthy et al. (55) 1992 berichteten. Sie wiesen erstmals nach, dass die Distractionsosteogenese am menschlichen Unterkiefer risikoarm und komplikationslos vorgenommen werden konnte. Über die erste erfolgreiche Distraction eines unbezahnten Alveolarfortsatzsegmentes in der Unterkieferfront berichteten Chin und Toth (14) 1996. Eine transgingivale Schraube wurde dazu über einen Kantdraht aktiviert. Im Jahre 1997 wurde die vertikale Distractionsosteogenese erstmals erfolgreich von Hidding et al. (32) an mehr als 150 Patienten eingesetzt. Die Autoren nannten als wesentliche Vorteile dieses Verfahrens, dass keine zusätzliche Knochenentnahme nötig war, dass eine simultane Knochen- und Weichteildistraction stattfand, dass eine geringe Resorptionsneigung, niedrige Gesamtmorbidität sowie Infektionsrate gegeben und eine frühzeitige Versorgung mit dentalen Implantaten möglich war (32). Das Verfahren der Osteodistraction selbst wurde erstmals 1905 von Codivilla (16) zur Korrektur eines verkürzten Femurs beschrieben. Die klinische Akzeptanz war jedoch aufgrund der hohen Komplikationsrate wie Hautinfektionen, Gewebenekrosen und wegen der nicht vorhersagbaren Reossifikation des expandierten Knochens niedrig. Erst 1954 mit dem Beginn der Arbeit des sibirischen Wissenschaftlers und Orthopäden Ilizarov gewann die Distractionsosteogenese an Bedeutung. Er schaffte es, Extremitätenknochen zusammen mit dem Weichteilmantel ohne Transplantation über eine Distanz von über 10 cm zu verlängern (35). Wangerin (83) arbeitete

heraus, dass Ilizarov zwei biologische Prinzipien der Distractionsosteogenese erkannte, welche später als „Ilizarov-Effekt“ bezeichnet wurden:

1. Die kontinuierliche Distraction von Knochen führt zur Stressreaktion, die Regeneration und aktives Knochenwachstum fördert.
2. Form und Menge des Knochens sind abhängig von der Wechselwirkung zwischen Blutversorgung und mechanischer Belastung.

Nach demselben Prinzip, nach dem Ilizarov Extremitätenknochen verlängerte, funktioniert die Distraction im Kieferbereich.

Durch eine Fraktur oder Osteotomie des zu distrahierenden Knochenfragmentes kommt es zur Einblutung in den Spalt. Es entsteht ein fibröses osteogenes Stroma (Kallus). In direkter Nachbarschaft zu den knöchernen Rändern bildet sich Geflechtknochen. Im Inneren verbleibt eine weiche Zone aus osteogenem Stroma. Durch das Anlegen eines externen Zuges an die Knochenfragmente kann nun die weiche Zone vergrößert werden und dadurch ein Längenwachstum durch Zellteilung und Gewebeneubildung erreicht werden. Wichtig hierbei ist, dass die Distractionsrate von 1 mm pro Tag nicht überschritten wird. Nur dadurch ist gewährleistet, dass der Kallus nicht reißt und der mineralisierte Geflechtknochen kontinuierlich wächst. Wird die Distraction nicht fortgeführt und die Retentionsphase tritt ein, mineralisiert die Zwischenzone und der Geflechtknochen an den Frakturrrändern wird so umgebaut, dass er sich am Ende vom ortsständigen Knochen nicht mehr unterscheiden lässt. Gleichzeitig findet eine Distractionshistoneogenese statt: Periost, Nerven und bedeckende Schleimhaut wachsen mit (78).

Hidding et al. (33) gliederten die Distraction in mehrere Phasen – nach Osteotomie und Einbringung des Distraktors begann die Ruhephase von 7 Tagen, es folgte die Distractionsphase. Die Autoren empfahlen für die vertikale Kallusdistraction eine Rate von 2x 0,5 mm pro Tag. Eine Überkonturierung von 1-2 mm sollte zur Rezidivvermeidung in Betracht gezogen werden (33). Danach schloss sich die Retentionsphase von mindestens acht Wochen an, in der der Distraktor in der Endposition belassen wurde. Hidding et al. empfahlen ein zwölfwöchiges Verweilen des Distraktors, um dann gleichzeitig Materialentfernung und Implantation vorzunehmen zu können. Ein sichereres Verfahren stellt das nach Distraktorentfernung 1-2 wöchige Warten mit anschließender Implantatinsertion dar. Dadurch wird vermieden, dass eine möglicherweise vorhandene entzündliche Stelle der Schleimhaut am



Durchtrittspunkt des Distraktorpfostens die Implantatinsertion gefährdet (78). Weitere Komplikationen und mögliche Korrekturen waren nach Chiapasco et al. (11):

1. Neigung und damit Verlagerung des distrahierten Segmentes aufgrund des Zuges der palatinalen Schleimhaut bzw. der Mundbodenmuskulatur. Eine Korrektur war durch kieferorthopädische Behandlung möglich.
2. Ungenügende Breite des vertikal distrahierten Bereiches und dadurch Fensterung der Knochenwand und Freilegung des Implantatgewindes. Dieser Defekt konnte durch autogenen Knochen effektiv gedeckt werden.
3. Kombinierte horizontale / vertikale Defekte konnten nicht gleichzeitig korrigiert werden. In diesem Fall waren andere Operationsmöglichkeiten von Vorteil, zum Beispiel die Anlagerungsteoplastik. Befand sich jedoch der horizontale Defekt nahe dem oberen Knochenrand, konnte eine vertikale Überkorrektur mit Hilfe der Distractionsosteogenese vorteilhaft sein. Zum Zeitpunkt der Implantatinsertion wurde der zu schmale obere Knochenanteil abgetragen und so ein geeignetes Implantatlager geschaffen.
4. Unterschiede in der Bewegung des osteotomierten Segmentes. Gelöst werden konnte dieses Problem durch die adäquate vertikale Osteotomie.
5. Zu geringe vertikale Dimension des nach Osteotomie verbleibenden Knochens und dadurch hervorgerufene Frakturen des Nasenbodens, des Sinushöhlenbodens oder des Unterkiefers. Um diese Komplikation zu minimieren, wurde vorgeschlagen, ein Knochensegment von approximal minimal 5mm Höhe zu osteotomieren, um ein Fragment mit genügendem Volumen und - zusammen mit der Distraktorplatte und den Mikroschrauben- genügend Stabilität zu erhalten. Ein vertikal atrophiertes Unterkiefer mit weniger als 5mm Knochenhöhe stellte ein erhöhtes Frakturrisiko während oder nach der Osteotomie dar.

#### Die vertikale Auflagerungsteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat

Ein bereits etabliertes und seit Jahren angewandtes Verfahren zur vertikalen Knochengewinnung nach Knochendefekten oder physiologischer Atrophie stellt die Auflagerungsteoplastik mit Hilfe von freiem Beckenkammtransplantat dar. Bereits Mitte des 20. Jahrhunderts fand diese Methode in der Literatur Erwähnung. Hervorzuheben sind dabei die Berichte von Clementschitsch (15) und Schmid (66) aus den Jahren 1950 und 1954. Einen

umfassenden historischen Überblick über Kieferknochen transplantation und rekonstruktive präprothetische Chirurgie gibt Hjørting-Hansen in seinem 2002 veröffentlichten Artikel (34).

Bei ausgeprägten Defekten und fortgeschrittener Atrophie stellt die Augmentation mit autologen Knochentransplantaten zur präimplantologischen Rehabilitation die Behandlungsmethode der ersten Wahl dar (54,64,80). Durch frühe kaufunktionelle Belastung des transplantierten Knochens durch osseointegrierte Implantate kann die Resorption gering gehalten werden (56,57,58).

### Die Sinusbodenelevation und -augmentation

Alveolarkammatrophie und zunehmende Pneumatisierung der Sinus maxillares im Alter bedingen, dass die Knochenhöhe im Oberkieferseitenzahnbereich oft für die Insertion von enossalen Implantaten nicht ausreicht. Die Sinusbodenelevation und -augmentation ist dann indiziert, wenn längenreduzierte Implantate nicht mehr eine Insertion ohne Augmentation erlauben. 8mm wurden als Grenzwert für die vertikale Restknochenhöhe proklamiert (36). Dies machte eine Auffüllung der Sinushöhlen notwendig. Als „Goldstandard“ galt autologer Knochen (40), welcher intraoral aus der Linea obliqua, der Kinnregion oder dem Tuber maxillae gewonnen wurde. Der Beckenkamm stellte eine alternative Spenderregion dar (4). Auch Knochenersatzmaterialien konnten zum Volumengewinn genutzt werden. Ihr Einsatz konnte als alleiniges Augmentationsmaterial sowie in Kombination mit autologem Knochen erfolgen. Am häufigsten wurden deproteinisierte bovine und demineralisierte gefriergetrocknete Knochenmatrix, seltener synthetisch hergestellte Knochenersatzmaterialien (Hydroxylapatit,  $\beta$ -Trikalziumphosphat, Kalziumsulfat) verwendet.

Erstmals wurde die Technik der Sinusbodenelevation und -augmentation 1977 von Tatum (75,76) beschrieben. Er nutzte dabei den transalveolären Zugang zur Kieferhöhle. 3 Jahre später wandelten Boyne und James (6) das Verfahren ab – sie wählten einen modifizierten Caldwell-Luc-Zugang. Heute wird klassischerweise die Window-Technik (39,88) eingesetzt. Als vorteilhaft für die Überlebensrate von eingebrachten Implantaten in die augmentierte Region der Sinushöhle wurde eine präoperative Sinusbodendicke von  $> 5$  mm beschrieben (29,79). Es wurde vermutet, dass die präoperative Sinusbodendicke einen Einfluß auf die initale Implantatstabilität und damit auf die erfolgreiche Integration hat (79). Ein bei weniger stark ausgeprägter Atrophie endoskopisch kontrollierter interner Sinuslift stellte eine minimal invasive Alternative dar (20). Diese Technik konnte zur Verringerung der Komplikationen

führen und wurde als zuverlässiges Verfahren angesehen (87). Dem Wunsch, ein größeres Augmentationsvolumen über einen transkrestalen Zugang zu erreichen, gingen Draenert et al. (18) nach. Es wurde angestrebt, einen Knochengewinn ähnlich der Menge einer direkten Sinusbodenelevationstechnik zu erreichen. Dafür wurde ein Verfahren eingesetzt, welches eine indirekte Sinusbodenelevation mit Knochendübeln in der Press-fit-Technik nutzte. Erste In-vitro-Versuche an frischen, unfixierten Humanpräparaten lassen positive Ergebnisse in vivo erhoffen.

Die Implantatinsertion konnte bei den jeweiligen Verfahren entweder primär oder zeitversetzt in einer zweiten Operation erfolgen. Dabei schien das vertikale Restknochenangebot eine Entscheidungshilfe zu sein. 4-5 mm wurden als Grenzwert angegeben (36,72,77). Strietzel (72) fand keine signifikanten Unterschiede in der Implantatverlustrate bei beiden Vorgehensweisen. Voraussetzung war es dabei jedoch, dass die Implantate primär stabil eingebracht werden konnten.

Eine postoperative Komplikation stellte die akute oder chronische Sinusitis dar. In der Literatur wurden durchschnittliche Raten von 3-10 % angegeben (22,29,70,72,79). Dislokationen von Implantaten in die Kieferhöhle wurden ebenfalls beschrieben, kamen jedoch selten vor (67). Eine häufig beschriebene Komplikation war die Kieferhöhlenschleimhautperforation. Tidwell et al. (79) gaben an, dass in 13,5 % der aufgefüllten Sinushöhlen (n=89) eine Perforation der Schleimhaut stattfand. Erbe et al. (22) berichteten von einer 28 % Häufung (n=50). Kleine Perforationen der Schneiderschen-Membran sollten jedoch nicht zu einem Abbruch der Operation führen, da es nach entsprechender Therapie selten zu Heilungsstörungen kam (22,86).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Sinusbodenelevation und –augmentation ein weit verbreitetes und anerkanntes Verfahren (20,22,72) ist. Die durchschnittliche Implantatüberlebensrate nach einem Beobachtungszeitraum zwischen 2-5 Jahren wurde in der Literatur mit 90– 93 % (36,50,72,82) angegeben.

#### **1.4. Hypothese und Fragestellung**

Die Hypothese lautete, dass die vertikale Distraktionsosteogenese einen geringeren Höhenverlust des augmentierten Knochens aufweist als die Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat oder die Sinusbodenelevation. Daraus ergibt sich als Fragestellung, wie groß der Höhenverlust des Alveolarfortsatzes nach vertikaler

Distraktionsosteogenese, Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat und Sinusbodenelevation nach einem mindestens zweijährigen Nachuntersuchungszeitraum ist.

## **2. MATERIAL UND METHODEN**

### **2.1. Studiendesign**

Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine vergleichende retrospektive Studie mit Auswertung der Patientenakten und der angefertigten Panoramaschichtaufnahmen.

### **2.2. Patientenkollektiv**

Anhand der Operationsbücher der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, wurden die Patienten ausgewählt, bei denen eine vertikale Augmentation im Sinne einer Distraktionsosteogenese, Auflagerungsosteoplastik mit einem freiem Beckenkammtransplantat oder Sinusbodenelevation mit folgender Implantatinsertion in den augmentierten Regionen stattgefunden hatte. Der ausgewertete Zeitraum erstreckte sich von 1994 bis 2007.

Die Fälle mit vertikaler Distraktionsosteogenese definierten die Größen für die Vergleichsgruppen „Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat“ und „Sinusbodenelevation“. Aus der Gesamtheit der erfassten Fälle des Untersuchungszeitraumes wurden die Patienten ausgewählt, die die folgenden Einschlusskriterien erfüllten:

- Operation in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel.
- Implantatversorgung nach Augmentation des höhenreduzierten Kieferabschnitts.
- Vollständige röntgenologische Dokumentation anhand von Panoramaschichtaufnahmen. Es wurden Röntgenaufnahmen prä- und postoperativ, sowie zum Zeitpunkt der Implantatinsertion bis zur aktuell vorliegenden Aufnahme der letzten Kontrolle benötigt.
- Mindestens 2 Jahre Nachbeobachtungszeitraum ab Insertion der Implantate.

Die Ausschlusskriterien waren:

- Nicht eingestellter Diabetes
- Osteoporose
- Knochenerkrankungen
- Tumorerkrankung und Bestrahlung in der Operationsregion

Nach Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien entschied der Zufall in Form eines Losverfahrens über die Aufnahme von insgesamt 31 Patienten in die Vergleichsgruppen.

Anhand der verschiedenen Röntgenaufnahmen konnten die Knochenverhältnisse zu unterschiedlichen Zeitpunkten miteinander verglichen werden. Die Knochenveränderungen wurden ausgemessen und einander gegenübergestellt. Wegen der ungleichen Messpunkte bei den verschiedenen Patientenfällen wurde, um eine Vergleichbarkeit herzustellen, jeweils die prozentuale Höhenreduktion aus den Höhenangaben in Millimetern errechnet. Dadurch konnten die Patientenfälle innerhalb einer Studiengruppe, aber auch die Gruppen untereinander verglichen werden.

#### Patientenkollektiv der vertikalen Distractionsosteogenese (n=14)

14 Patienten unterzogen sich einer vertikalen Distractionsosteogenese mit anschließender Implantatversorgung. Insgesamt wurden 43 Implantate inseriert. Die Patientengruppe setzte sich aus 10 Frauen (71,4 %) und 4 Männern (28,6 %) im Alter von 30 bis 86 Jahren zusammen, als Durchschnittsalter ergaben sich dabei 51,6 Jahre. Der durchschnittlich beobachtete Nachuntersuchungszeitraum betrug 27,7 Monate. Distrahiert wurde in 4 Fällen im Oberkiefer (28,6 %) und in 10 Fällen im Unterkiefer (71,4 %). Von den 43 Implantaten wurden 10 im Oberkiefer (23,3 %) und 33 im Unterkiefer (76,7 %) inseriert. Die Distractionsosteogenese lief nach einem allgemein anerkanntem Schema ab (33,47,78): Nach einer ausführlichen Planung anhand von Röntgenbildern (Panoramaschichtaufnahme, ggf.: Einzelzahn-aufnahmen, Fernröntgen seitlich, UK-/OK-Aufbiss), einer Modelloperation sowie einer sorgfältigen Analyse der intermaxillären Relation im Artikulator folgte die operative Umsetzung. An die Osteotomie des zu distrahierenden Kieferabschnittes und die Befestigung des intraoralen vertikalen Distraktors aus Titan (Firma Gebr. Martin GmbH & Co. KG, Medizintechnik, Tuttlingen) im Mikroplattendesign TRACK (Tissue Regeneration by Alveolar Callusdistraction, Köln) schloss sich eine durchschnittliche Ruhephase von 9 Tagen (Min. 5 Tage, Max. 15 Tage) an. Danach folgte die eigentliche Distractionsphase. 2x täglich, jeweils morgens und abends, wurde um 0,5 mm distrahiert. Im Mittel betrug diese Phase 21 Tage (Min. 7 Tage, Max. 42 Tage). Ein Patientenfall ging nicht in die Berechnung der Länge der mittleren Distractionsphase ein – es kam hier zu einer Unterkieferfraktur mit Fraktur der basalen Mikroplatte des Distraktors. Die daraus resultierende, außergewöhnlich lange Distractionsphase hätte zu einer Verfälschung der Daten geführt. Die Konsolidierungsphase nach erreichtem Distractionsziel betrug durchschnittlich 9 Wochen (Min. 2 Wochen, Max. 13 Wochen).

Patientenkollektiv der Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat (n=16)

Diese Gruppe aus insgesamt 16 Patienten setzte sich aus 11 Frauen (68,8 %) und 5 Männern (31,2 %) im Alter von 18 bis 67 Jahren zusammen. Das durchschnittliche Alter lag bei 49,4 Jahren. Der Mittelwert des beobachteten Nachuntersuchungszeitraumes betrug 45,1 Monate. In 8 Fällen wurde im Oberkiefer (50 %) und in 8 Fällen im Unterkiefer (50 %) augmentiert. Insgesamt wurden 74 Implantate inseriert. Davon wurden 40 im Oberkiefer (54,1 %) und 34 im Unterkiefer (45,9 %) eingebracht.

Patientenkollektiv der Sinusbodenelevation und –augmentation (n=15)

Insgesamt 15 Patienten davon 9 Frauen (60 %) und 6 Männer (40 %) unterzogen sich einer Sinusbodenelevation. Das Alter variierte zwischen 25 und 65 Jahren, als Durchschnittsalter ergaben sich damit 47,1 Jahre. Der beobachtete Nachuntersuchungszeitraum betrug durchschnittlich 31,9 Monate. Es wurden 57 Implantate inseriert. 9-mal wurde eine einseitige und 6-mal eine beidseitige Sinusbodenelevation durchgeführt. Die Sinushöhlen wurden in 13 Fällen mit autologem Knochen aufgefüllt. Dabei kam Beckenkammpongiosa, Material von der Linea obliqua oder vom Tuber zum Einsatz. In einem Fall wurde ein Gemisch aus autologem Knochen und Knochenersatzmaterial (Algipore<sup>®</sup>) verwendet. Ebenfalls in einem Fall wurden ausschließlich Knochenersatzstoffe genutzt. Dabei kam Bio-Oss<sup>®</sup> in Kombination mit einer Bio-Gide<sup>®</sup>-Membran zum Einsatz.

### Nachuntersuchungszeitpunkte

Eine Abfolge von Panoramaschichtaufnahmen wurde je Patientenfall angefertigt. Die unterschiedlichen Operationsmethoden gaben vor, dass zu verschiedenen Zeitpunkten die Röntgenbilder hergestellt wurden. Die röntgenologische Dokumentation sah wie folgt aus:

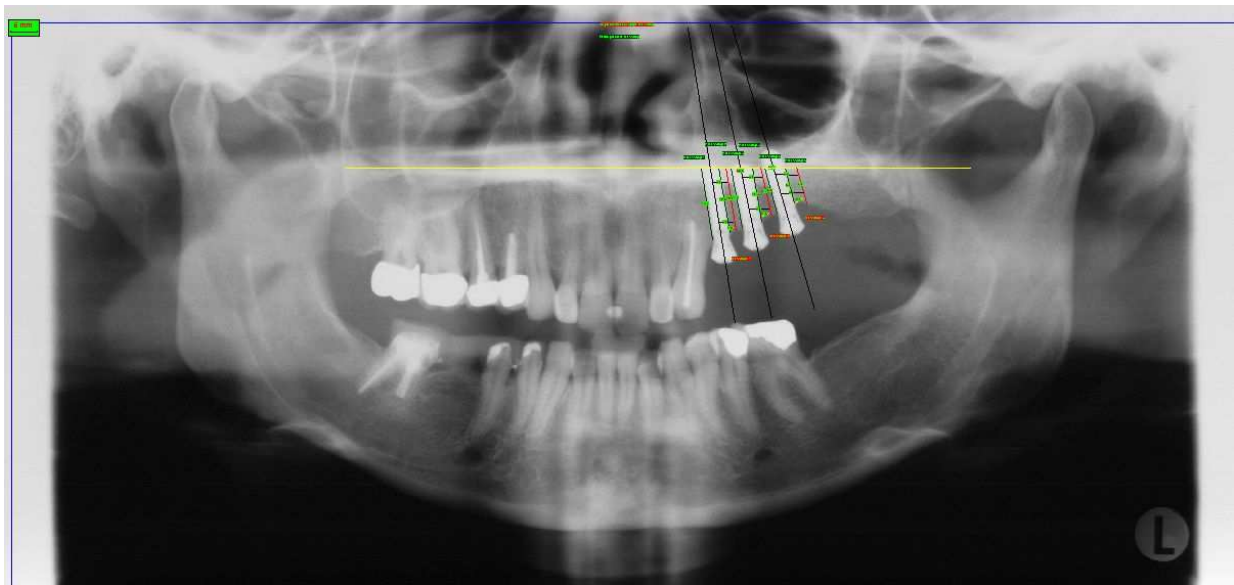
<b>Vertikale Distraktionsosteogenese</b>	<b>Auflagerungsosteoplastik/ Sinusbodenelevation</b>
Präoperative Aufnahme	Präoperative Aufnahme
Postoperative Aufnahme	Postoperative Aufnahme
Aufnahme nach aktiver Distraktionsphase	Aufnahme nach Einheilung Augmentat
Aufnahme nach Konsolidierungsphase	/
Aufnahme nach Implantatinsertion	Aufnahme nach Implantatinsertion
Aufnahme nach prothetischer Versorgung	Aufnahme nach prothetischer Versorgung
jährliche Kontrollaufnahmen	jährliche Kontrollaufnahmen

Somit konnte ein chronologischer Ablauf vom präoperativen Röntgenbild bis zur jeweils aktuell vorliegenden Panoramaschichtaufnahme der letzten Kontrolle erstellt werden. Ziel war es, die gewonnene vertikale Knochenhöhe postoperativ mit der bei Auswertungsende noch vorhandenen Knochenhöhe zu vergleichen, um so den prozentualen Höhenverlust des Alveolarfortsatzes berechnen zu können. Mit in Betracht gezogen wurde der Höhenverlust bis zum Zeitpunkt der Implantatbelastung, um eine Aussage dazu machen zu können, wo das Zeitintervall der größten Höhenreduktion lag. Die röntgenologische Dokumentation erstreckte sich von 1994 bis 2007. Die durchschnittliche Röntgendokumentation ergab bei der vertikalen Distraktionsosteogenese einen Zeitraum von 27,7 Monaten, bei dem freien Beckenkammtransplantat 45,1 Monate und bei der Sinusbodenelevation und –augmentation 31,9 Monate.



### 2.3. Zielparameter und Nebenparameter

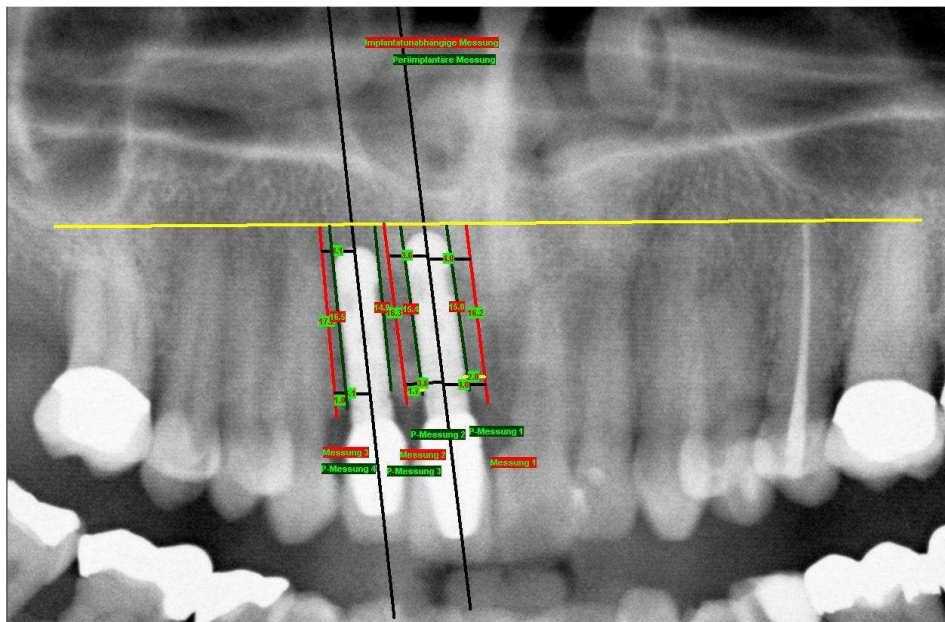
Zielparameter war die Höhe des Alveolarfortsatzes. Dazu musste eine eindeutig definierte Strecke vermessen sein. Die Endpunkte der Messlinien waren im Unterkiefer vorgegeben durch den Alveolarkamm und die Basis mandibulae. Es wurden diese knöchernen Strukturen gewählt, da eine eindeutige Identifikation auf der Panoramaschichtaufnahme leicht fällt. Im Oberkiefer wurde für die Auswertung der vertikalen Distractionsosteogenese und der Auflagerungsosteoplastik eine Referenzlinie zum Alveolarkamm genutzt. Hierzu wurde eine Tangente parallel zu dem auf der Panoramaschichtaufnahme gut zu erkennenden knöchernen Gaumen oder den Wurzelspitzen gezogen (Abb. 1, Abb. 2, Abb. 3). Dadurch konnte die gleiche Messmethode bei allen Augmentationsverfahren durchgeführt werden.



**Abbildung 1:** Messmethode in distrahierter Region im Oberkiefer am Beispiel eines Patienten

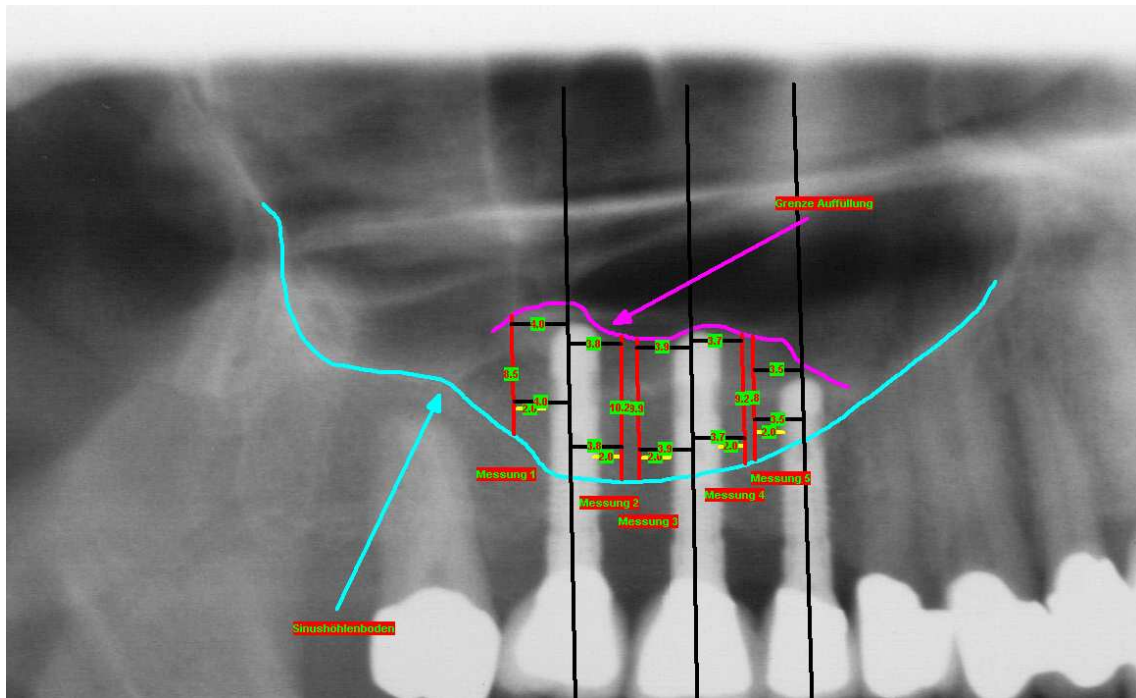


**Abbildung 2:** Messmethode im Oberkiefer. Vergrößerter Ausschnitt aus Abbildung 1



**Abbildung 3:** Alternative Messmethode im Oberkiefer. Es wurde sich an den Wurzelspitzen von 17 und 25 orientiert.

Für die Auswertung der Sinusbodenelevation wurde die Sinushöhle im Röntgenbild nachgezeichnet. Auf dem postoperativen Bild konnte man die Augmentatbegrenzungen einzeichnen und die Strecke zwischen Sinushöhlenboden und Augmentat anschließend nach vorgegebener Messmethode ermitteln (Abb. 4).



**Abbildung 4:** Messmethode bei Sinusbodenelevation. Die blaue Linie markiert den Sinushöhlenboden, die rosa Linie kennzeichnet die Grenze des Sinushöhlenaugmentats.

Folgende Nebenparameter wurden zudem dokumentiert:

- Geschlecht
- Alter
- Implantattyp
- Implantatanzahl
- Implantatversorgung
- Operationsregion
- Augmentationsart
- Augmentationsmaterial
- Zeit bis zur Implantation nach Distraktorentfernung / Augmentation / Sinusbodenelevation
- Zeit nach Implantation bis zur Freilegung der Implantate (Einheitszeit)
- Zeit nach Augmentation bis zum Auswertungsende
- Komplikationen

## **2.4. Modifizierung der Röntgenbilder**

Um bei Verlaufskontrollen nach chirurgischen Maßnahmen eine metrische Analyse von Panoramaschichtaufnahmen durchführen zu können, wurden in der Vergangenheit mehrere Methoden ausprobiert und analysiert (17, 19, 28, 65, 68).

In der vorliegenden Studie wurde ein anderes Verfahren genutzt, um die im Rahmen der Verlaufskontrolle angefertigten Röntgenbilder eines Patienten miteinander vergleichen und metrisch analysieren zu können.

### Bearbeitung der Röntgenbilder

Aus dem Patientenkollektiv (n=45) der jeweiligen augmentativen Verfahren, wurden die relevanten Röntgenbilder digitalisiert. Dazu wurde ein Mustek<sup>®</sup> Scanner A3 USB mit Durchleuchtungsaufsatz verwendet. Zum Digitalisieren der Röntgenbilder wurden folgende Einstellungen gewählt:

- 300 dpi Auflösung
- Farbtiefe: 256 Graustufen (x-ray)
- Keine Filter

Die digitalisierten Aufnahmen wurden in einem für den Patienten angelegten Ordner gespeichert. Verzerrungen und Verschiebungen der in standardisierten Verfahren aufgenommenen Panoramaschichtaufnahmen machten eine geometrische Transformierung (Superimposition) notwendig. Das Bildbearbeitungsprogramm Adobe<sup>®</sup> Photoshop<sup>®</sup> 7.0 Adobe Systems Incorporated lieferte die technischen Möglichkeiten für die Umwandlung der Bilder. Zudem konnten mit diesem Programm Helligkeit und Kontrast optimiert werden.

Zur Vermessung der nun bearbeiteten Bilder wurde die Leica<sup>®</sup> QWin<sup>®</sup> Standard Software, Version 3.2.0 Leica Microsystems Imaging Solutions Ltd., genutzt. Die technische Voraussetzung zur Bearbeitung und Vermessung der Panoramaschichtaufnahmen bot ein Pentium 4 Computer (3000 MHz, 1040 MB Arbeitsspeicher, 80 GB Festplattenspeicher), eine True-Color-Graphikkarte mit einer Auflösung von 1280 x 1024 Pixel (32-Bit / 60 Hz) und ein 32 MB Grafikspeicher (Windows Professional 2000, 19“ Monitor).

## Lineare Superimposition der Panoramaschichtaufnahmen

Um die Diskrepanzen zwischen den zeitlich unterschiedlichen Röntgenbildern eines Patienten, welche sich bei minimal anderer Positionierung bei der Aufnahme und Einstellung des Röntgenapparates ergeben, ausgleichen zu können, erfolgte die Bearbeitung der Röntgenaufnahmen mit dem Adobe® Photoshop® 7.0. Erreicht werden sollte dabei eine Folge von Röntgenbildern vom prä- über den postoperativen Zustand bis zur zuletzt hergestellten, aktuellen Röntgenaufnahme, die man folienartig übereinander legen konnte. Dadurch wurde ein direktes Vergleichen und Vermessen der Panoramaschichtaufnahmen möglich.

Mit dem Programm Adobe® Photoshop® 7.0 erfolgte zunächst eine Sortierung der Röntgenbilder entsprechend ihrer chronologischen Anfertigung. Dazu wurden alle nötigen Röntgenaufnahmen geöffnet und übereinander gelegt, wobei sie automatisch in verschiedenen Ebenen angeordnet und darauf chronologisch sortiert wurden. Eine Ein- und Ausblendung der Ebenen war ebenfalls möglich. Damit konnten die Röntgenbilder untereinander angepasst werden. Es wurde jeweils die aktuellste Aufnahme als Ausgangspunkt gewählt, auf die die anderen Bilder übertragen wurden. Dazu wurde die Deckkraft des anzupassenden Bildes auf 50 % reduziert und die Aufnahme transformiert. Dabei wurde das Bild geneigt, gedreht und linear in Höhe und Breite entzerrt, bis es möglichst genau mit dem darunter liegendem Röntgenbild übereinstimmte. Eine 100 %ige Passung konnte nie in allen Bereichen der zu vergleichenden Aufnahmen erreicht werden, weil die Verzerrung und Verschiebung bei den verschiedenen Aufnahmen zu unterschiedlich war. Es wurde sich auf die wichtigen Bereiche der jeweiligen Bilder konzentriert, welche sich als die auszumessenden Regionen darstellten. Hier wurde eine fast immer 100 %ige Übereinstimmung erreicht. Aufnahmen, die von Helligkeit und Kontrast nicht ansprechend bzw. nur schwer zu analysieren waren, konnten mit Hilfe des Programms Adobe® Photoshop® 7.0 korrigiert werden. Auch die Leica® QWin® Software bot hierzu die Möglichkeit, die Bilder nochmals zu optimieren.

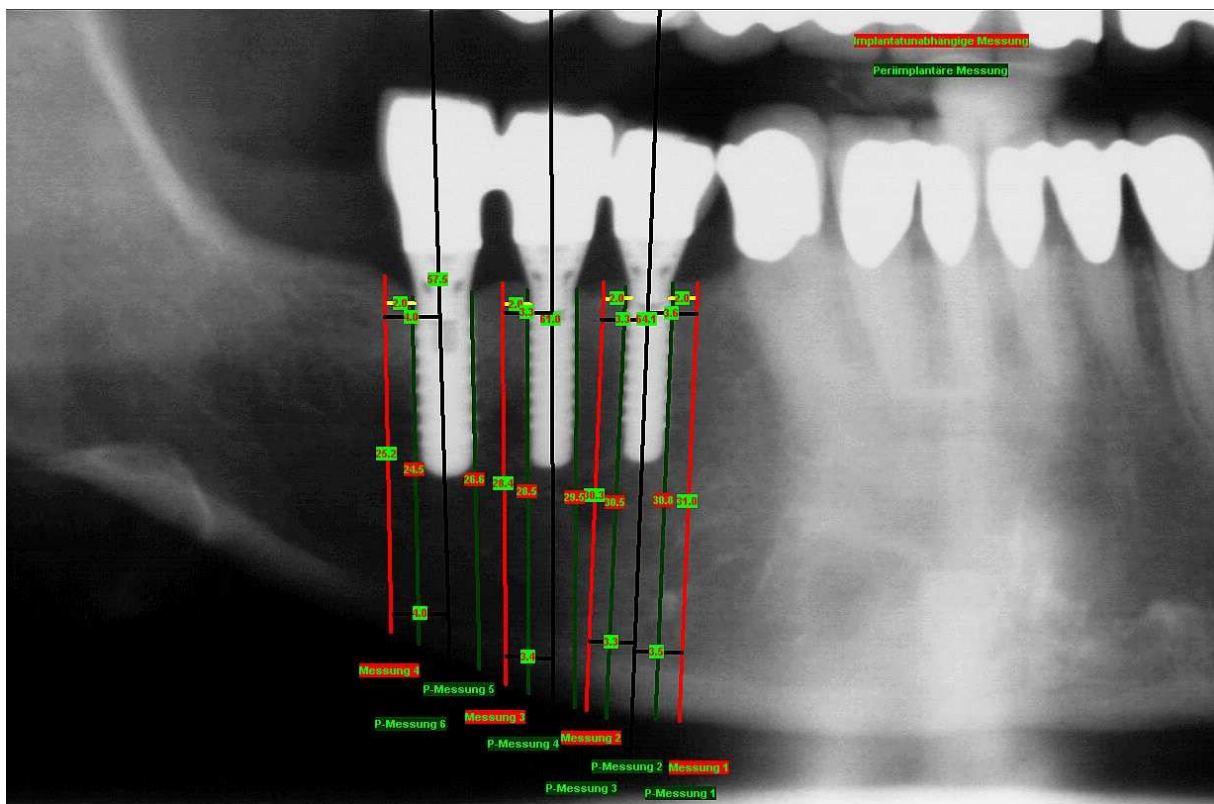
Nur nach diesem Prozess waren Bilder direkt miteinander vergleichbar. Es folgte die Vermessung der Aufnahmen.

### **2.5. Messmethoden**

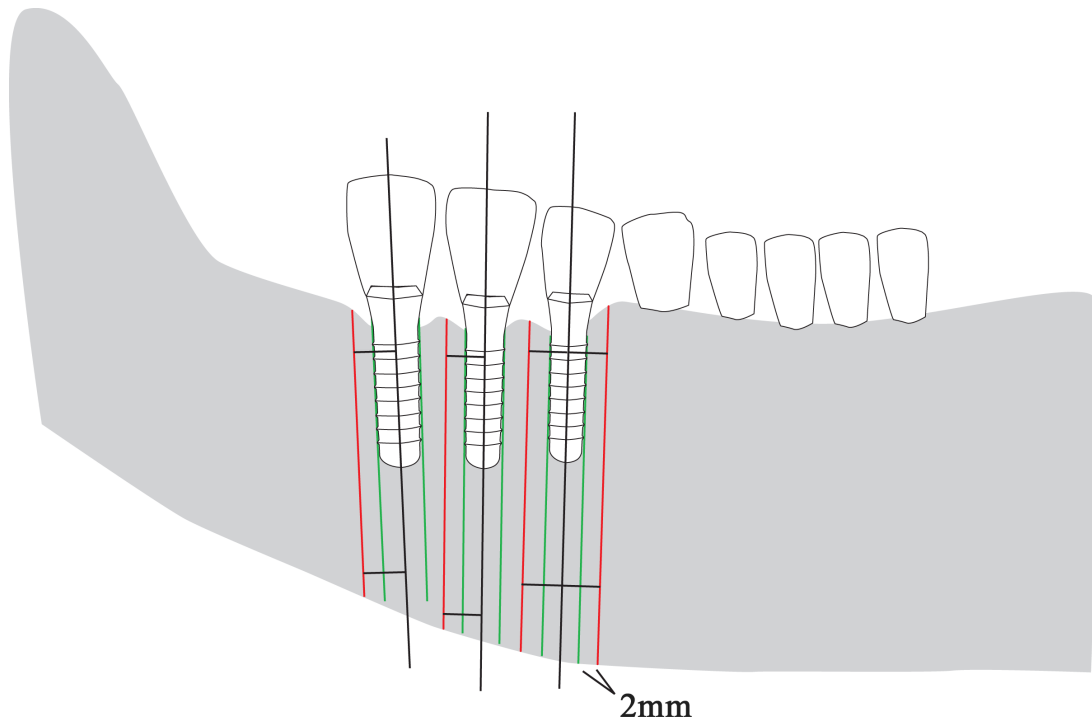
Der Messort war jeweils die Region des Kiefers, in der augmentiert bzw. distrahiert und anschließend implantiert wurde. Lage und Neigung der Implantate gaben die Messposition vor. Deswegen wurde die Vermessung stets mit dem aktuellsten Röntgenbild begonnen, um dann

anschließend die Messlinien auf die zeitlich früheren Röntgenaufnahmen übertragen zu können. Dieses war möglich, da die Bilder in den vorherigen Schritten mit dem Programm Adobe® Photoshop® 7.0 angepasst worden waren. Die Längskalibrierung erfolgte anhand einer Panoramaschichtaufnahme, welche mit einer Messschablone (Messkugeln, Messröhrchen) angefertigt wurde. Somit konnte der Vergrößerungsfaktor herausgerechnet werden.

Als Erstes wurde die Implantatachse mithilfe einer Geraden durch Implantatschulter und Implantatapex gekennzeichnet. Um eine implantatunabhängige Vermessung zu erhalten, wurde 2 mm vom Implantat entfernt die Messung durchgeführt. Dieser Abstand wurde gewählt aufgrund der Erkenntnisse von Hermann et al. (31), die eine Resorption um das Implantat herum bei Auftreten eines Mikrospalts zwischen Implantat und Abutment feststellten. Wenn die Implantate dichter als 4 mm zueinander standen, wurde die Mitte des Abstandes der Implantate zueinander ermittelt und dort gemessen. Die Messlinie wurde in der Regel 2 mm entfernt vom Implantat und parallel zur Implantatachse eingezeichnet. Zwei Hilfslinien im 90 ° Winkel zur Geraden, die die Implantatachse darstellte, - jeweils an beiden Enden der Messlinie - sicherten die Parallelität der Messlinie zur Implantatachse (Abb. 5a + 5b).

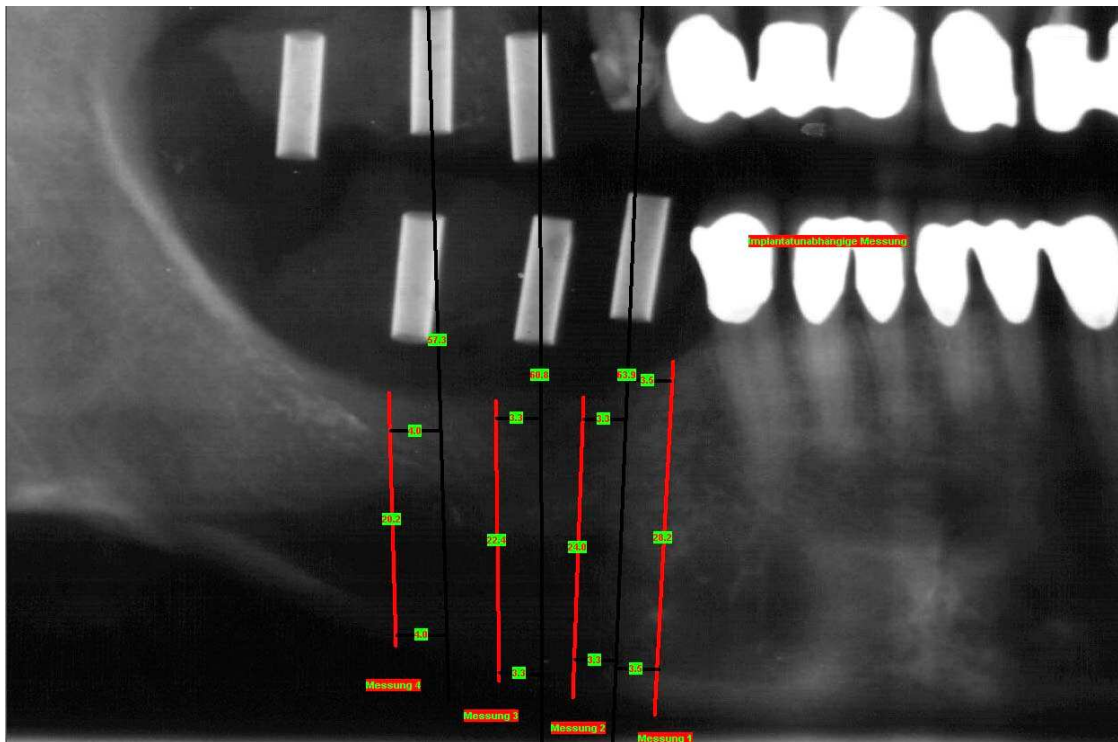


**Abbildung 5a:** Messmethode in distrahiert Region im Unterkiefer am Beispiel eines Patienten

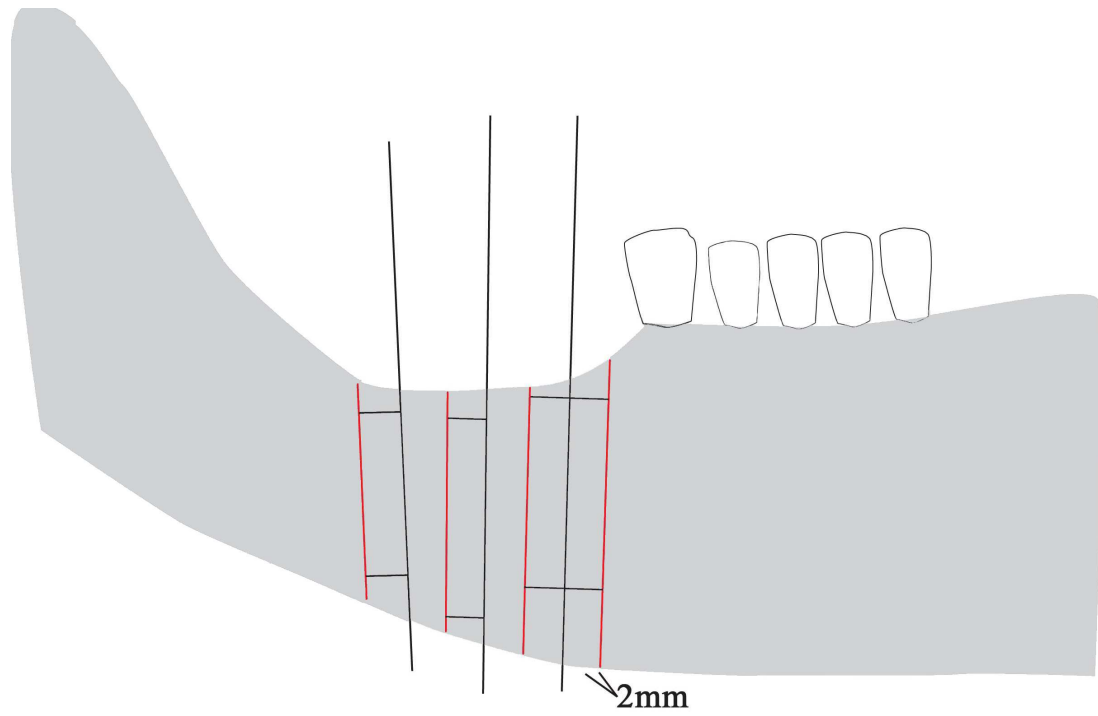


**Abbildung 5b:** Schematische Darstellung der Abb. 5a (Implantatunabhängigen Messmethode im Unterkiefer)

Die Messlinien wurden danach auf die zeitlich früheren Röntgenaufnahmen übertragen und jeweils angepasst. Durch diese Vorgehensweise konnte selbst in einem Bild vor dem Zeitpunkt der Implantatinsertion die - zukünftige - Implantatachse bei der Messung berücksichtigt werden. (Abb. 6a + 6b)



**Abbildung 6a:** Übertragung der Messlinien aus Abb. 5a auf die präoperative Panoramaschichtaufnahme (vor vertikaler Distraction und Implantatinsertion)



**Abbildung 6b:** Schematische Darstellung der Abb. 6a (Übertragung der Messlinien auf die präoperative Panoramaschichtaufnahme)



## 2.6. Statistische Methoden

Die Datenanalyse erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows (Version 15.0).

Abweichungen von der Normalverteilung wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest überprüft. Dieser Test eignet sich, um Unterschiede zwischen Verteilungsfunktionen, primär im mittleren Bereich, aufzudecken (60). Es zeigten sich keine signifikanten Abweichungen, so dass parametrische Verfahren für die Beschreibung und Bewertung der Daten eingesetzt werden konnten.

Die Datenbeschreibung erfolgte durch die Angabe von Mittelwert, Medianwert, Maximum, Minimum sowie der Standardabweichung. Zur vergleichenden Analyse der Gruppen untereinander wurde eine Varianzanalyse (Oneway Anova) mit einem Signifikanzniveau von  $\alpha = 0,05$  durchgeführt. Bei einem signifikanten Unterschied wurde anschließend ein paarweiser Vergleich nach Scheffé (60) durchgeführt.

Die graphische Darstellung des Alters bei Behandlungsbeginn, des Nachuntersuchungszeitraumes und des prozentualen Höhenverlustes des Alveolarfortsatzes erfolgte mit Hilfe von Box-Whisker-Plots. Der Zusammenhang zwischen dem prozentualen Höhenverlust des Alveolarfortsatzes und dem Nachuntersuchungszeitraum wurde zusätzlich in einer Punktwolke (Scatter-plot) dargestellt. Es wurde eine Regressionsanalyse mit Bestimmung des Spearman'schen Korrelationskoeffizienten berechnet.

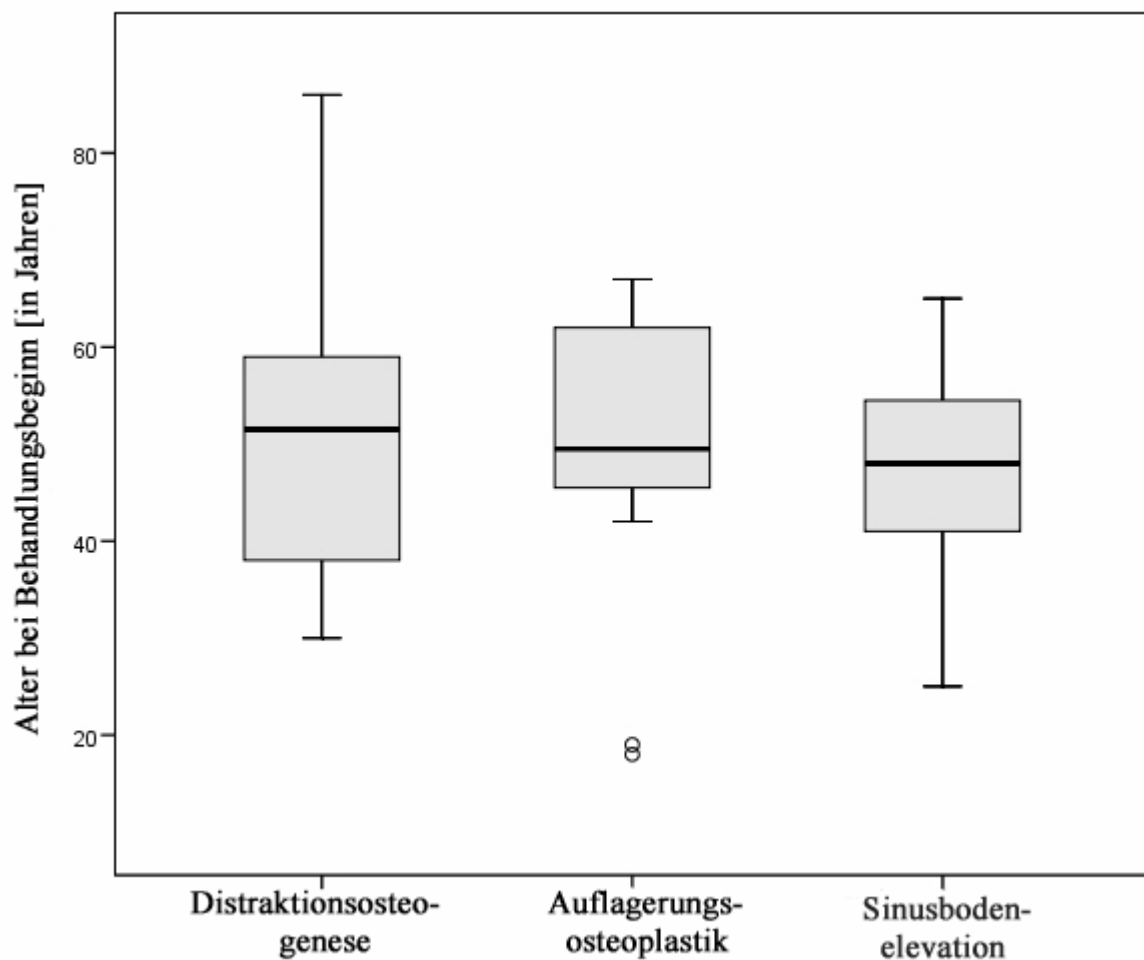
### 3. ERGEBNISSE

Insgesamt wurden 45 Patienten – 30 Frauen (66,7 %) und 15 Männer (33,3 %) – ausgewertet mit einem Alter zwischen 18 und 86 Jahren. Das Durchschnittsalter lag bei 49 Jahren.

	Distraction	Auflagerungsosteoplastik	Sinusbodenelevation
Frauen	71,4 % (n=10)	68,8 % (n=11)	60 % (n=9)
Männer	28,6 % (n=4)	31,2 % (n=5)	40 % (n=6)
Insgesamt	n=14	n=16	n=15

**Tabelle 1:** Geschlechtsverteilung nach Art des operativen Eingriffs

Abbildung 7 dient der Darstellung des Alters bei Behandlungsbeginn unterschieden nach den jeweiligen Behandlungsmethoden. Ein signifikanter Unterschied zwischen Test- und Vergleichsgruppen bestand nicht.



**Abbildung 7:** Box-Whisker-Plot zur vergleichenden Darstellung der Altersverteilung der Patienten unterschieden nach dem Augmentationsverfahren

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
Distraktions-Osteogenese	14	51,6	15,8	30	86	51,5
Auflagerungs-Osteoplastik	16	49,4	14,4	18	67	49,5
Sinusbodenelevation	15	47	11,4	25	65	48

**Tabelle 2:** Zusammenfassung der Daten für die Erstellung des Box-Plots aus Abb. 7

Von den insgesamt 174 Implantaten, welche nach Sinusbodenelevation oder in die augmentierten bzw. distrahierten Regionen inseriert wurden, befanden sich 107 im Oberkiefer (62,6 %) und 64 im Unterkiefer (37,4 %).

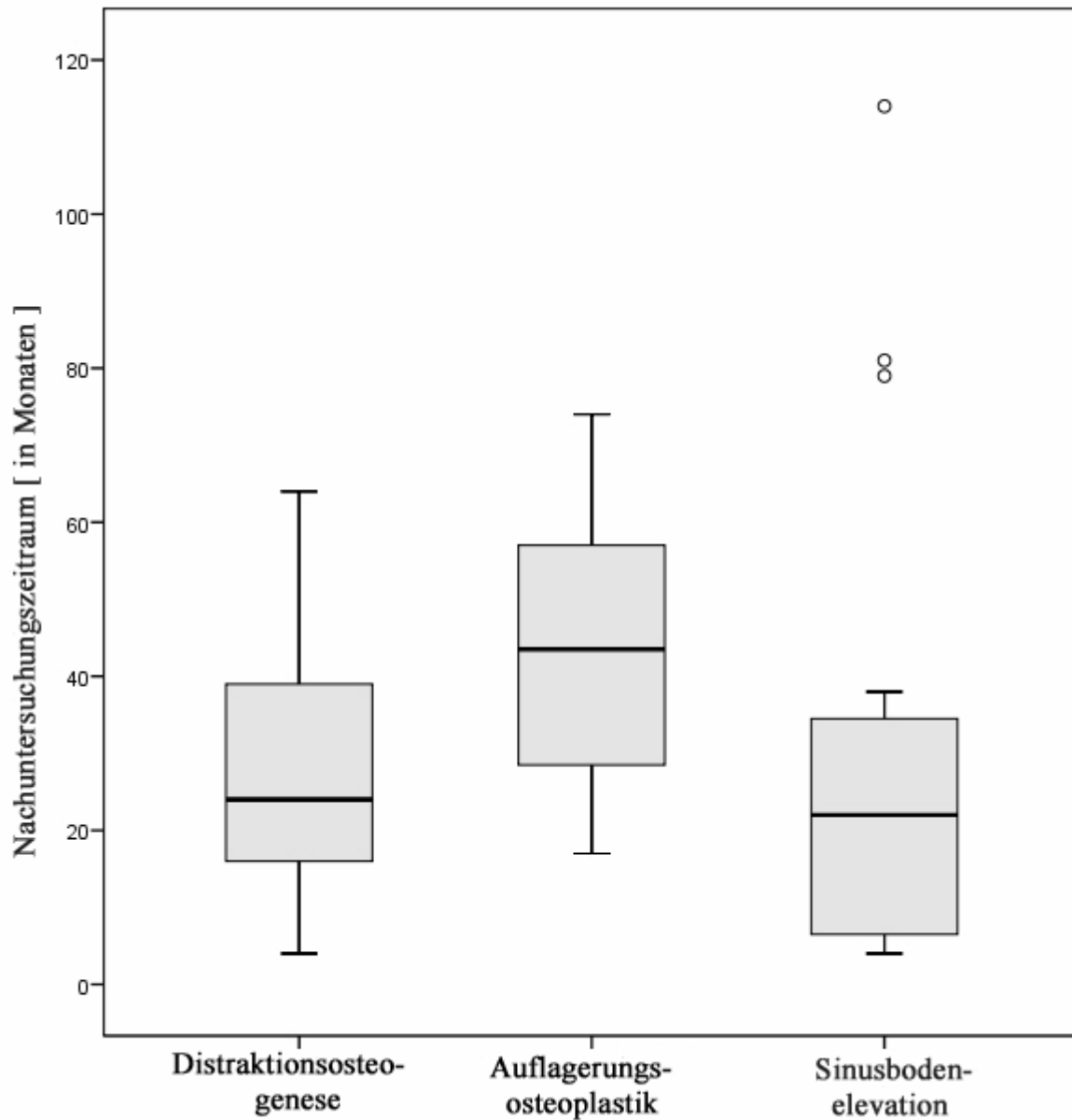
	Distraktion	Auflagerungsosteoplastik	Sinusbodenelevation
Anzahl Implantate	n=43	n=74	n=57
Implantate im OK	n=10 (23,3 %)	n=40 (54,1 %)	n=57 (100 %)
Implantate im UK	n=33 (76,7 %)	n=34 (45,9 %)	

**Tabelle 3:** Verteilungsmuster der inserierten Implantate

	Distraktion	Auflagerungsosteoplastik	Sinusbodenelevation
Oberkiefer	28,6 % (n = 4)	50 % (n = 8)	100 % (n = 15)
Unterkiefer	71,4 % (n = 10)	50 % (n = 8)	
Anzahl insgesamt	14	16	15

**Tabelle 4:** Lokalisation der Regionen, in denen distrahiert, augmentiert bzw. eine Sinusbodenelevation durchgeführt wurde

Zwischen den Nachuntersuchungszeiträumen der unterschiedlichen Operationsmethoden war kein signifikanter Unterschied auszumachen. Abbildung 8 stellt dies mit Hilfe eines Box-Whisker-Plots dar.



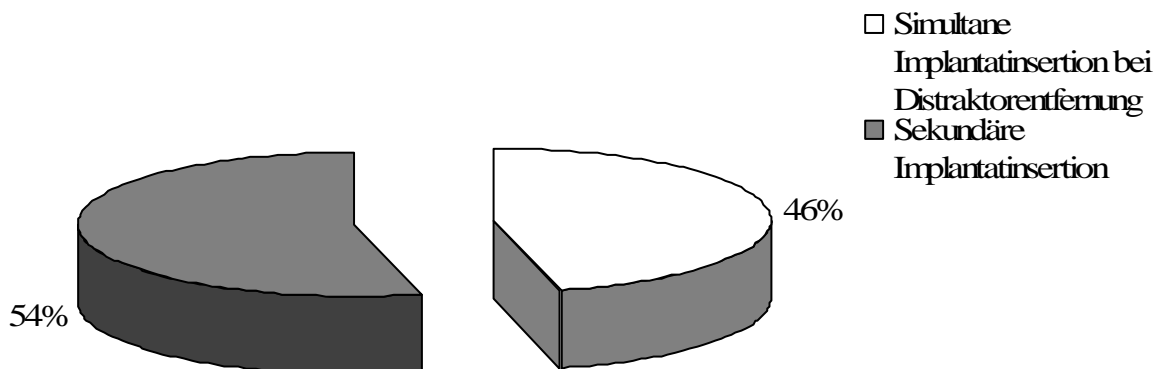
**Abbildung 8:** Box-Whisker-Plot zur vergleichenden Darstellung der Nachuntersuchungszeiträume der unterschiedlichen augmentativen Verfahren.

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
Distraktionsosteogenese	14	27,7	17,5	4	64	24
Auflagerungsosteoplastik	16	45,1	18,4	17	74	43,5
Sinusbodenelevation	15	31,9	33,4	4	114	22

**Tabelle 5:** Zusammenfassung der Daten für die Erstellung des Box-Plots aus Abb. 8

### 3.1. Distractionsosteogenese (n=14)

Die Patientengruppe, die sich einer vertikalen Distractionsosteogenese unterzog, um den Kieferknochen zur Aufnahme von enossalen Implantaten vorzubereiten, umfasste 14 Patienten, bei denen insgesamt 43 Implantate inseriert wurden. In 6 von 14 Fällen wurden simultan mit der Distraktorentfernung die Implantate inseriert. In den übrigen 7 Fällen wurde im Durchschnitt 4 Wochen (Min. 8 Tage, Max. 7 Wochen und 5 Tage) bis zu Implantation gewartet (Abb. 9).



**Abbildung 9:** Patientenverteilung bezüglich des Implantationszeitpunktes nach vertikaler Distractionsosteogenese

Ein Patientenfall ging nicht in die Auswertung mit ein, weil in diesem speziellem Fall zwischen der Distraktorentfernung und der Implantatinserterion ein ungewöhnlich langes Intervall lag. Grund dafür war eine in diesem Zeitraum durchgeführte Tumorrezidiventfernung. Dabei war nicht die augmentierte Region betroffen. Ebenso ging dieser Fall nicht in die Berechnung der Einheilzeit bis zur Implantatfreilegung ein, da in diesem Zeitraum eine Vestibulumplastik mit Einbringung eines Spalthauttransplantates vorgenommen wurde (andersfarbig in Tabelle 9). In allen anderen Fällen lag die Einheilzeit der Implantate im Durchschnitt bei 15 ½ Wochen (Min. 8 Wochen, Max. 28 Wochen und 4 Tage). Mit der prothetischen Versorgung konnte 1 Woche nach Implantatfreilegung begonnen werden. Insgesamt wurden 24 Straumann-, 10 Camlog-, 5 3i- und 4 Ankylos-Implantate eingebracht. In 9 Fällen wurde eine festsitzende, in 3 Fällen eine herausnehmbare prothetische Arbeit eingegliedert. Bei 2 Patientenfällen war die prothetische Versorgung noch nicht abgeschlossen.

In Tabelle 6 sind die Patienteninformationen zusammengefasst.

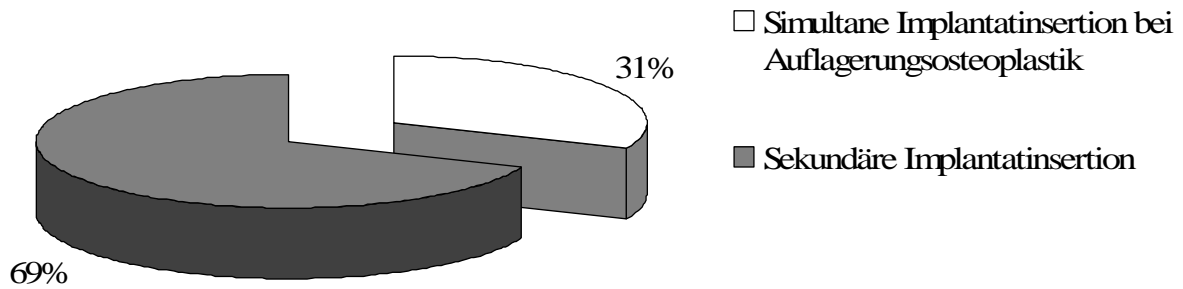
Pat.Nr.	Alter	Geschlecht	Impl.typ	Impl.anzahl	distrahierte Regio
#1	50	w	Camlog	4	35-37 und 46-47
#2	38	m	Straumann	3	21-24
#3	30	m	Straumann	1	36
#4	66	m	3i	5	35-38 und 45-48
#5	86	w	Straumann	2	33-43
#6	34	w	Camlog	2	21-22
#7	55	w	Ankylos	4	35-37 und 46-47
#8	70	w	Straumann	4	33-43
#9	59	m	Straumann	4	34-44
#10	30	w	Straumann	3	24-27
#11	52	w	Straumann	3	44-47
#12	51	w	Camlog	2	45-47
#13	53	w	Straumann	4	33-43
#14	49	w	Camlog	2	11-12

**Tabelle 6:** Zusammenfassung der Patienteninformationen bei Distraction (n=14)

Der Höhenverlust des Alveolarfortsatzes betrug nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 27,7 Monaten (Abb. 8) 37,8 % ( $\pm$  22,7 %) (Abb. 12). Das Zeitintervall des größten Höhenverlustes lag in der unbelasteten Phase des distrahierten Knochenfragmentes: Durchschnittlich 38,1 % des Gesamthöhenverlustes fanden in diesem Zeitraum statt. Das zeitliche Intervall umfasste 18,5 % des beobachteten Gesamtzeitraumes.

### 3.2. Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat (n=16)

Um die Aufnahme von insgesamt 74 Implantaten zu ermöglichen, unterzogen sich insgesamt 16 Patienten einer vertikalen Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat. In 5 Fällen wurden die Implantate simultan mit der Auflagerungsosteoplastik inseriert. In den übrigen 11 Fällen wurde im Durchschnitt nach 19 Wochen (Min. 7 Wochen, Max. 34 Wochen) implantiert (Abb. 10).



**Abbildung 10:** Patientenverteilung bezüglich des Implantationszeitpunktes nach Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat

Die mittlere Einheilungszeit bis zur Freilegung betrug bei 15 Patienten dieser Gruppe 20 Wochen (Min. 12 Wochen, Max. 30 Wochen und 5 Tage). Ein Patientenfall ging nicht in die Berechnung der durchschnittlichen Wartezeit bis zur Implantatfreilegung ein, da bei diesem Patienten in diesem Zeitraum mehrere Explantation von nicht osseointegrierten Implantaten vorgenommen wurden. Deshalb verlängerte sich in diesem speziellen Fall die Wartezeit unrealistisch stark, was zu einer Verfälschung der Daten geführt hätte (andersfarbig in Tabelle 9). Insgesamt wurden 57 Straumann-, 6 Camlog-, 7 Calcitek- und 4 Nobel Biocare Select-Straight Implantate eingebracht. In 8 Fällen wurde eine festsitzende, in 7 Fällen eine herausnehmbare prothetische Arbeit eingegliedert. Bei einem Patientenfall war die prothetische Versorgung noch nicht abgeschlossen.

Tabelle 7 fasst die Patientendaten des Patientenkollektivs (n=16) der Auflagerungsosteoplastik zusammen.

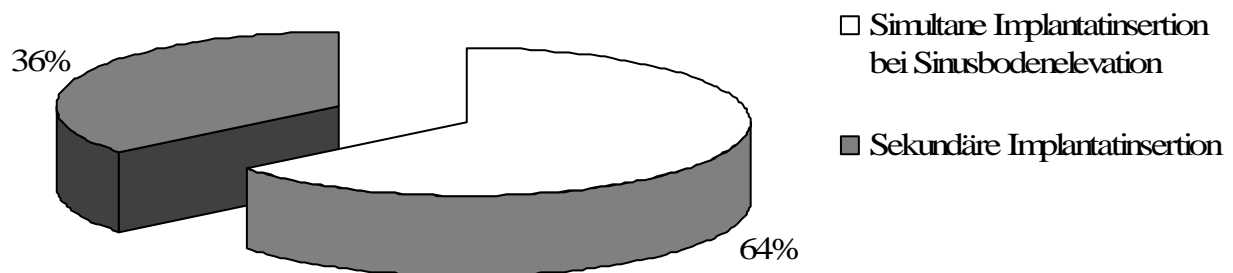
Pat.Nr.	Alter	Geschlecht	Impl.typ	Impl.anzahl	augmentierte Regio
#15	49	w	Straumann	6	15-25
#16	47	w	Camlog	6	36-46
#17	64	w	Straumann	3	24-26
#18	64	w	Straumann	1	35
#19	18	m	Straumann	4	11 - 22
#20	47	m	Nobel	3	34-36
#21	55	w	Straumann	4	43-45
#22	49	w	Straumann	8	16-26
#23	50	w	Straumann	6	36-46
#24	19	w	Straumann	3	11-14
#25	42	w	Straumann	4	33-43
#26	50	m	Calcitek	6	16-26
#27	60	m	Straumann	6	35-43
#28	44	m	Straumann	4	22-26
#29	65	w	Straumann	6	16-26
#30	67	w	Straumann	4	33-43

**Tabelle 7 :**  
Zusammenfassung der Daten von Patienten, die sich einer Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat unterzogen (n=16)

Der Höhenverlust des augmentierten Alveolarfortsatzes betrug nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 45,1 Monaten (Abb. 8) 45,3 % ( $\pm 18,7$  %) (Abb. 12). Der Zeitpunkt des größten Höhenverlustes lag in der unbelasteten Phase des augmentierten Knochenfragmentes: Durchschnittlich 59,9 % des Gesamthöhenverlustes fanden in diesem Zeitabschnitt statt. Dabei umfasste dieses zeitliche Intervall nur 13,9 % des beobachteten Gesamtzeitraumes.

### 3.3. Sinusbodenelevation (n=15)

In der Untersuchungsgruppe wurde bei 15 Patienten eine Sinusbodenelevation und – augmentation durchgeführt. Die Insertion der Dentalimplantate wurde in 9 Fällen simultan mit der Sinusbodenelevation vorgenommen. 6 Patienten unterzogen sich einem zweizeitigen Verfahren, bei dem im Mittel 22 ½ Wochen (Min. 15 Wochen, Max. 31 Wochen) bis zur Implantation gewartet wurde (Abb. 11).



**Abbildung 11:** Patientenverteilung bezüglich des Implantationszeitpunktes nach Sinusbodenelevation

Nach einer Einheilungszeit von im Mittel 19 Wochen (Min. 15 Wochen und 3 Tage, Max. 27 Wochen und 6 Tage) erfolgte die Implantatfreilegung. Ein Patientenfall ging nicht in die Berechnung der durchschnittlichen Einheilzeiten mit ein. Ursächlich dafür waren die ungewöhnlich langen Wartezeiten, die den Durchschnitt unrealistisch stark nach oben getrieben hätten (andersfarbig in Tabelle 9). Grund für die länger gewählten Zeiträume war die Entscheidung, bei diesem Patienten, wie oben schon erwähnt, ausschließlich Knochenersatzmaterialien zu verwenden. Dafür entschied man sich, weil der Patient auf den regelmäßigen Gebrauch von Antikoagulantia (Marcumar<sup>®</sup>) eingestellt war. Ein zusätzliches Operationsfeld für die Entnahme von autologem Knochen hätte ein erhöhtes operatives sowie



postoperatives Risiko mit sich gebracht. Insgesamt wurden 26 Straumann-, 14 Camlog-, 15 Frialit II- und 2 Brånemark-Implantate inseriert. In 12 Fällen wurde eine festsitzende, in 2 Fällen eine herausnehmbare prothetische Arbeit eingegliedert. Bei einem Patientenfall war die prothetische Versorgung noch nicht abgeschlossen.

Daten über das Patientenkollektiv der Sinusbodenelevation sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Pat.Nr.	Alter	Geschlecht	Impl.typ	Impl.anzahl	Regio	Augmentationsmaterial
#31	61	w	Straumann	6	beidseits	Beckenspongiosa
#32	56	m	Straumann	6	beidseits	Beckenspongiosa
#33	47	m	Camlog	3	rechts	Linea obliqua+Tuber links
#34	42	w	Frialit II	6	beidseits	links:Algipore <sup>®</sup> +Becken, rechts:Algipore <sup>®</sup> +PRP
#35	46	w	Frialit II	4	rechts	Beckenspongiosa
#36	23	m	Camlog	2	links	Linea obliqua
#37	40	w	Camlog	6	beidseits	BioOss+BioGide-Membran
#38	40	w	Brånemark	2	rechts	Beckenspongiosa
#39	48	w	Frialit II	2	links	Linea obliqua
#40	53	m	Camlog	3	links	Beckenspongiosa
#41	58	m	Straumann	4	beidseits	Beckenspongiosa
#42	51	w	Straumann	3	links	Beckenspongiosa
#43	26	m	Straumann	1	links	Tuber re+li, retromolar links
#44	65	w	Straumann	6	beidseits	Beckenspongiosa
#45	48	w	Frialit II	3	rechts	Linea obliqua

**Tabelle 8:** Zusammenfassung der Patienteninformationen in Zusammenhang mit Sinusbodenelevation und –augmentation (n=15)

Der Höhenverlust des in die Sinushöhlen eingebrachten Augmentats lag nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 31,9 Monaten (Abb. 8) bei 18,4 % ( $\pm 11,4$  %) (Abb. 12). Auch in dieser Untersuchungsgruppe wurde deutlich, dass der Zeitpunkt des größten Höhenverlustes in der unbelasteten Phase lag: Durchschnittlich 41 % des augmentierten Knochens baute sich in diesem Zeitraum, der 23,5 % des Gesamtzeitraumes einnahm, ab.

In Tabelle 9 sind die Einheilzeiten der Implantate jedes Patienten im Detail dargestellt.

Pat.Nr.	Gruppe	Tage bis Impl.insertion nach Distr.entf.	Freilegung
#1	VDO	54 Tage	111 Tage
#2	VDO	16 Tage	112 Tage

#3	VDO	simultan	143 Tage
#4	VDO	22 Tage	56 Tage
#4	VDO	22 Tage	56 Tage
#5	VDO	48 Tage	140 Tage
#6	VDO	20 Tage	84 Tage
#7	VDO	simultan	84 Tage
#8	VDO	simultan	84 Tage
#9	VDO	151 Tage	254 Tage
#10	VDO	simultan	114 Tage
#11	VDO	simultan	200 Tage
#12	VDO	21 Tage	112 Tage
#13	VDO	simultan	84 Tage
#14	VDO	8 Tage	138 Tage
Pat.Nr.	Gruppe	Tage bis Impl.insertion nach Aug.	Freilegung
#15	Auflagerung	213 Tage	168 Tage
#16	Auflagerung	91 Tage	188 Tage
#17	Auflagerung	50 Tage	131 Tage
#18	Auflagerung	50 Tage	131 Tage
#19	Auflagerung	135 Tage	89 Tage
#20	Auflagerung	169 Tage	322 Tage
#21	Auflagerung	simultan	168 Tage
#22	Auflagerung	175 Tage	112 Tage
#23	Auflagerung	simultan	139 Tage
#24	Auflagerung	139 Tage	149 Tage
#25	Auflagerung	203 Tage	100 Tage
#26	Auflagerung	simultan	215 Tage
#27	Auflagerung	simultan	188 Tage
#28	Auflagerung	simultan	134 Tage
#29	Auflagerung	238 Tage	84 Tage
#30	Auflagerung	166 Tage	84 Tage
Pat.Nr.	Gruppe	Tage bis Impl.insertion nach Lift	Freilegung
#31	Sinusbodenelevation	simultan	130 Tage
#32	Sinusbodenelevation	simultan	120 Tage
#33	Sinusbodenelevation	simultan	127 Tage
#34	Sinusbodenelevation	218 Tage	151 Tage
#35	Sinusbodenelevation	134 Tage	119 Tage
#36	Sinusbodenelevation	simultan	166 Tage
#37	Sinusbodenelevation	276 Tage	344 Tage
#38	Sinusbodenelevation	106 Tage	154 Tage
#39	Sinusbodenelevation	simultan	135 Tage
#40	Sinusbodenelevation	142 Tage	139 Tage
#41	Sinusbodenelevation	184 Tage	150 Tage
#42	Sinusbodenelevation	simultan	192 Tage
#43	Sinusbodenelevation	simultan	108 Tage
#44	Sinusbodenelevation	simultan	148 Tage
#45	Sinusbodenelevation	simultan	195 Tage

**Tabelle 9:** Einheilzeiten der untersuchten Patienten (andersfarbig nicht gewertete Zeiträume)

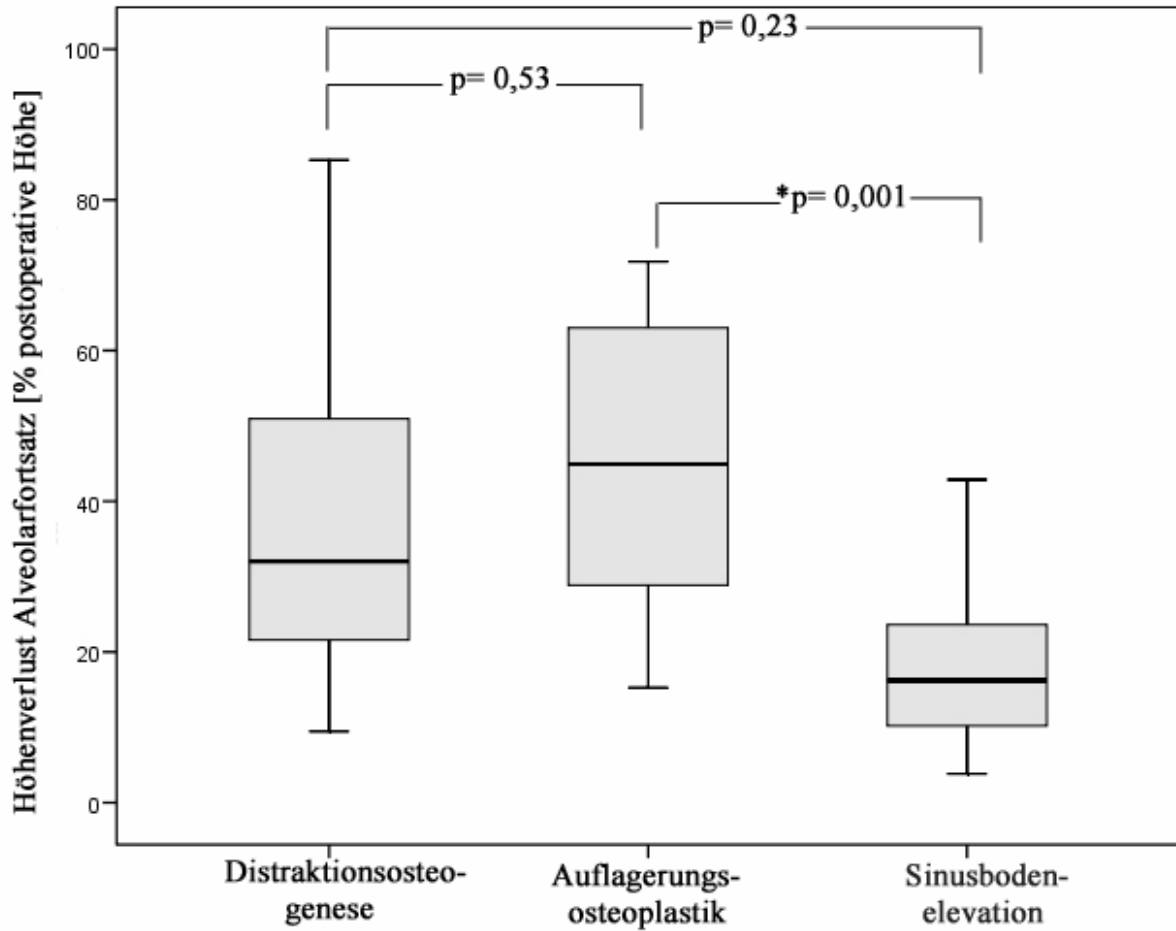
### 3.4. Statistischer Vergleich der Methoden

Tabelle 10 stellt die ermittelten Werte der verschiedenen Augmentationstechniken einander gegenüber. Es wird ersichtlich, dass die Sinusbodenelevation und –augmentation im Vergleich zu den anderen beiden Methoden die stabilsten Verhältnisse schaffte. Am deutlichsten fiel der Höhenverlust des Alveolarfortsatzes bei dem aufgelagerten freien Beckenkammtransplantat aus. Die vertikale Distraktionsosteogenese nahm die mittlere Position ein. Zeitpunkt des größten Höhenverlustes war jeweils die unbelastete Phase der augmentierten bzw. distrahierten Region. Am deutlichsten wird dieses im Falle der Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat. Obwohl dieses zeitliche Intervall nur 13,9 % des beobachteten Gesamtzeitraumes einnahm, reduzierte sich hier durchschnittlich 59,9 % der Gesamthöhe. Auch bei der vertikalen Distraktionsosteogenese (38,1 % des Gesamthöhenverlustes in 18,5 % des Gesamtbeobachtungszeitraumes) und bei der Sinusbodenelevation und –augmentation (41 % des Gesamthöhenverlustes in 23,5 % des Gesamtbeobachtungszeitraumes) wird dieser Zusammenhang deutlich.

	Vertikale Distraktionsosteogenese	Auflagerungs- osteoplastik	Sinusboden- elevation
Anzahl Patienten	14	16	15
Durchschnittsalter (Jahre)	51,6	49,4	47
Anzahl Implantate	43	74	57
Nachuntersuchungszeitraum (Monate)	27,7	45,1	31,9
Höhenverlust des augmentierten Knochens	37,8 % ( $\pm 22,7$ %)	45,3 % ( $\pm 18,7$ %)	18,4 % ( $\pm 11,4$ %)
Resorptionsanteil in der unbelasteten Anfangsphase (bezogen auf den Gesamthöhenverlust)	38,1 %	59,9 %	41 %

**Tabelle 10:** Vergleich der augmentativen Verfahren bezüglich der ermittelten Daten.

Der prozentuale Gesamthöhenverlust des augmentierten Knochens war bei der Sinusbodenelevation signifikant ( $p = 0,001$ ) geringer als bei der Auflagerungsosteoplastik. Im Vergleich zur Distraktionsosteogenese war kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,23$ ) festzustellen. Auch der Vergleich zwischen Auflagerungsosteoplastik und vertikaler Distraktionsosteogenese zeigte keine signifikante Differenz ( $p = 0,53$ ). (Abb. 12)



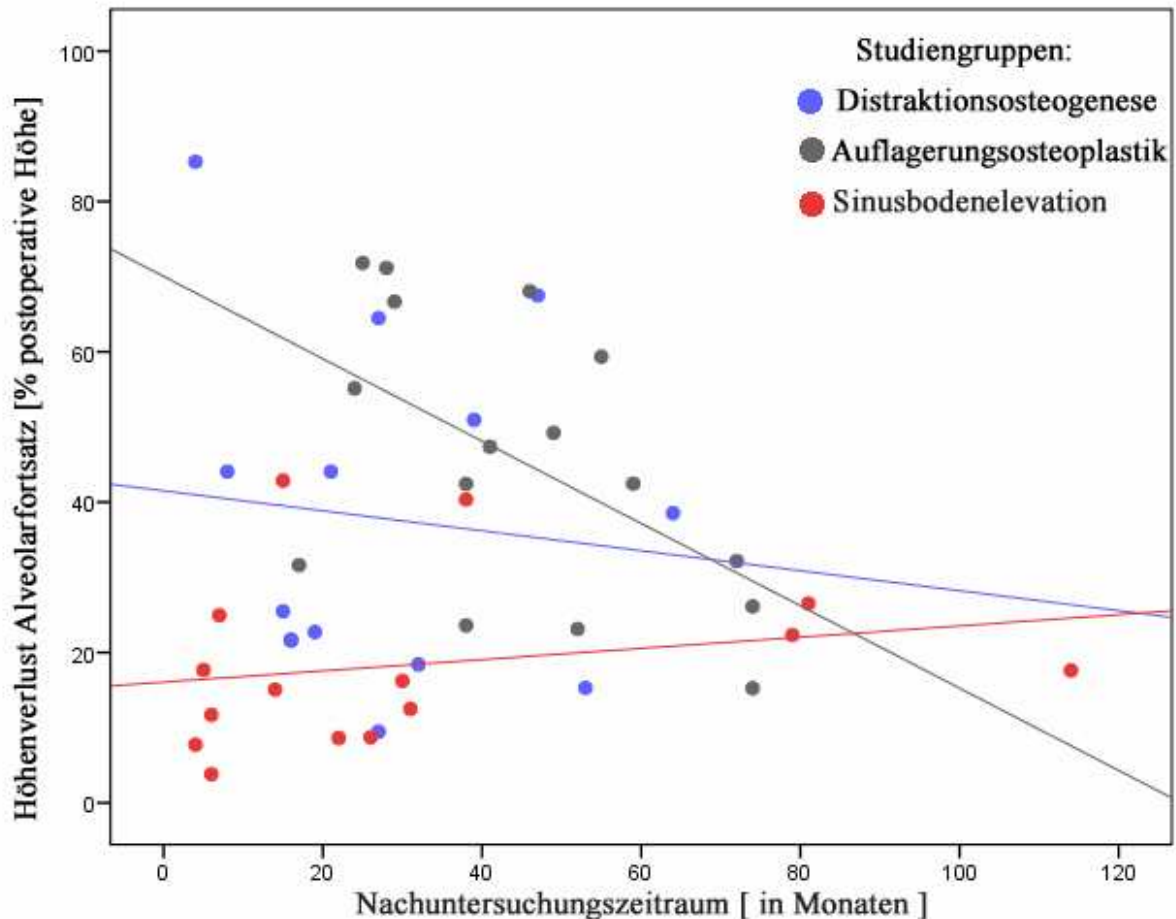
**Abbildung 12:** Box-Whisker-Plot zur vergleichenden Darstellung des Höhenverlustes der unterschiedlichen augmentativen Verfahren in Prozent. Der für die Berechnung des Höhenverlustes ausgewertete Zeitraum erstreckte sich von der Panoramaschichtaufnahme postoperativ nach Augmentation bis zur jeweils aktuell vorliegenden Panoramaschichtaufnahme der letzten Kontrolle.

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Median
Distraktionsosteogenese	14	37,8	22,7	9,5	85,3	32
Auflagerungsosteoplastik	16	45,3	18,7	15,3	71,8	44,9
Sinusbodenelevation	15	18,4	11,4	3,8	42,9	16,2

**Tabelle 11:** Zusammenfassung der Daten für die Erstellung des Box-Plots aus Abb. 12

Abbildung 13 zeigt graphisch den Zusammenhang zwischen dem Höhenverlust des Alveolarfortsatzes und dem Nachuntersuchungszeitraum unterteilt nach dem jeweiligen augmentativen Verfahren. Wie schon mithilfe des Box-Whisker-Plots (Abb. 12) dargestellt,

zeigte die Auflagerungsteoplastik die größte prozentuale Gesamthöhenreduktion. Besonders deutlich wurde dies in der Anfangsphase der Beobachtung. Zudem war eine signifikant stabilere Knochensituation bei der Sinusbodenelevation festzustellen.



**Abbildung 13:** Graphische Darstellung des Zusammenhangs des prozentualen Gesamthöhenverlustes und des Nachuntersuchungszeitraumes unterschieden nach den jeweiligen augmentativen Verfahren. Der Auswertungszeitraum des prozentualen Gesamthöhenverlustes erstreckte sich von der Panoramaschichtaufnahme postoperativ nach Augmentation bis zum Röntgenbild der letzten Kontrolle.

Die Berechnung des Spearman – Rangkorrelationskoeffizienten zeigte den Zusammenhang zwischen dem Nachuntersuchungszeitraum und dem prozentualen Höhenverlust des Alveolarfortsatzes der verschiedenen Augmentationsmethoden. Die vertikale Distraktionsosteogenese ( $\rho = -0,165$ ) und die Auflagerungsteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat ( $\rho = -0,476$ ) zeigten einen negativen Zusammenhang auf, d.h. je größer der Nachuntersuchungszeitraum war, desto geringer war der prozentuale Höhenverlust des Alveolarfortsatzes. Bei der Sinusbodenelevation ( $\rho = 0,443$ ) bestand ein direkter

Zusammenhang – je größer der Nachuntersuchungszeitraum war, desto größer war auch der prozentuale Höhenverlust des Alveolarfortsatzes.

## 4. DISKUSSION

In der vorliegenden retrospektiven Erhebung wurde untersucht, wie groß der postoperative Höhenverlust von präimplantologisch aufgebautem Knochen ist. Die vertikale Distraktionsosteogenese wurde retrospektiv mit der Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat und der Sinusbodenelevation sowie –augmentation verglichen. Im Ergebnis zeigte die vertikale Distraktionsosteogenese bezüglich des prozentualen Gesamthöhenverlustes keine signifikante Differenz zur Auflagerungsosteoplastik ( $p = 0,53$ ). Auch zur Sinusbodenelevation war kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,23$ ) festzustellen. Der prozentuale Gesamthöhenverlust des augmentierten Knochens bei der Sinusbodenelevation war jedoch signifikant ( $p = 0,001$ ) geringer als bei der Auflagerungsosteoplastik.

Ein Problem bei der Überprüfung der Beständigkeit des präimplantologisch aufgebauten Knochens ist die Anfertigung von kongruenten Röntgenbildern zu verschiedenen Zeitpunkten. Unterschiedlich aufwendige Positionierungshilfen, die den Patientenkopf in eine reproduzierbare Position führten (17,19,24), stellten sich als zeitaufwendig und technisch schwierig dar. Teilweise war die Anwendung zudem an einen Mindestzahnbestand des Patienten gebunden. Schmelzeisen et al. (65) untersuchten 1987 die Möglichkeit mithilfe eines rechnergestützten Normierungsprogramms Vergrößerungs- und Verzerrungsfaktoren auszurechnen. Dazu nutzen sie bekannte vertikale und horizontale Maße der eingebrachten Bränemark - Implantate als Referenzwerte. Anhand der realen Dimensionen konnte nun ein nur im Rechner existierendes Originalbild erstellt werden. Dafür wurde eine Panoramaschichtaufnahme mit möglichst geringen Verzerrungs- und Vergrößerungseffekten ausgewählt und diese Dimensionen auf das Bild übertragen. Alle weiteren zu vergleichenden Röntgenbilder wurden dann mit einem mathematischen Algorithmus durch Normung und Drehung auf das Bezugsbild zurückgerechnet. Unter der Voraussetzung der Kenntnis der Absolutwerte von Implantaten in der Nachbarschaft konnten mit dieser Methode vertikale und horizontale Dimensionen eines Implantates mit einem Messfehler von 0,2 mm bestimmt werden.

Gómez Román et al. (28) konnten anhand einer experimentellen Modelluntersuchung zeigen, dass der vertikale Vergrößerungsfaktor bei optimal orthograd eingestellten Aufnahmen in Abhängigkeit von der Region zwischen 1,21 und 1,29 variierte. Horizontal variierte der Faktor an der koronalen Implantatstufe zwischen 1,15 und 1,35. An der apikalen Implantatstufe betrug die Abweichung zwischen 1,14 und 1,44. Um diese Absolutwerte zu ermitteln, nutzten auch sie

gut definierte Merkmale am Implantat als Referenzwerte. Zusammenfassend kamen sie zu dem Ergebnis, dass die Panoramaschichtaufnahme, besonders in der vertikalen Dimension, für die präimplantologische Diagnostik sehr gut geeignet ist.

In der vorliegenden Studie wurde ein anderes Verfahren der Röntgenbildanalyse genutzt. Durch die lineare Transformierung der digitalisierten Panoramaschichtaufnahmen wurde ein direkter Vergleich und damit eine direkte Auswertung auch von zu unterschiedlichen Zeitpunkten ohne Positionierungshilfe erstellten Aufnahmen möglich.

Bei der vertikalen Distraktionsosteogenese handelt es sich um das jüngste der drei untersuchten Augmentationsverfahren. 1973 wurden die Einsatzmöglichkeiten dieses Verfahrens im Kiefer- und Gesichtsbereich erstmals im Rahmen eines Tierversuches analysiert (71). Die Kenntnis über den Höhenverlust von distrahiertem Knochen ist in mehrerer Hinsicht wichtig. An erster Stelle steht die qualitative Bewertung des Verfahrens gegenüber anderen Operationsmethoden. Dazu gehört unter anderem die Langzeitbewährung bzw. der Langzeiterfolg und damit Erhalt des gewonnenen Knochens. Ein durchschnittlicher Höhenverlust des Alveolarfortsatzes von 37,8 % ( $\pm 22,7$  %) nach einer mittleren Beobachtungszeit von 27,7 Monaten – vergleichbare Werte findet man in der Literatur (11) – spricht für ein Verfahren, welches mit den anderen existierenden Augmentationsmethoden gut konkurrieren kann. Der Zeitpunkt des größten Höhenverlustes lag in der unbelasteten Phase des distrahierten Knochenfragmentes. Durchschnittlich 38,1 % des Gesamthöhenverlustes fanden in dieser Phase statt. Dabei umfasste dieses zeitliche Intervall nur 18,5 % des beobachteten Gesamtzeitraumes. In der Literatur wird ebenfalls von einer hohen anfänglichen Resorptionsrate berichtet (11, 37). Raghoebar et al. (59) berichteten bei Distraktionen mit anschließender Implantatinserion im anterioren Kieferbereich von einem mittleren Höhenverlust von 9,8 % ( $\pm 0,6$  %) bzw. 10,2 % ( $\pm 0,8$  %) nach einem beobachteten Zeitraum von 72 Monaten ( $\pm 10,3$ ). Orte der Messungen waren einerseits die Mittellinie, andererseits die Region distal des Implantats.

Ein weiterer wichtiger Punkt, zu dem das Resorptionsverhalten bekannt sein muss, ist die Abschätzung einer notwendigen Überkorrektur. Kanno et al. (37) stellten in ihrer Untersuchung fest, dass das Resorptionsverhalten von augmentiertem Knochen mittels Distraktionsosteogenese bei denjenigen Patienten größer war, bei denen vor weniger als 6 Monaten (Mittelwert 3 Monate) vor der Distraktionsosteogenese ein chirurgischer Eingriff (Zahnextraktion, Explantation, Alveolarknochenfraktur, Zahntrauma) stattgefunden hatte. Vom Ende der aktiven Distraktion an über die Konsolidierungsphase bis zur Implantatinserion



ermittelten sie eine doppelt so hohe Resorption bei dieser Gruppe (50 % Resorption) verglichen mit Patienten, die sich keinem chirurgischen Eingriff innerhalb der kritischen Zeitspanne von 6 Monaten vor der vertikalen Distraktionsosteogenese unterzogen hatten (25 % Resorption). Außerdem zeigten sie auf, dass die Resorption in der Konsolidierungsphase, welche im Durchschnitt 3 Monate betrug, größer ist als die Resorption in dem einen Monat umfassenden Zeitraum zwischen Distraktorentfernung und Implantatinserterion. Zusammenfassend kamen sie zu der Erkenntnis, dass eine Überkorrektur in jedem Fall sinnvoll ist: Wenn vor der Distraktionsosteogenese ein chirurgischer Eingriff stattgefunden hat, der weniger als 6 Monate her war, raten die Autoren zu einer 50 %igen Überkorrektur. Wenn kein chirurgischer Eingriff in nahem zeitlichem Abstand davor nötig war, wird eine 25 %ige Überkorrektur empfohlen. Langzeitergebnisse werden in der Studie leider nicht genannt. Ähnliche Werte werden von Saulačić et al. (62) gefordert. Nach der Auswertung von 11 Patientenfällen, in denen insgesamt 17 Distraktionen durchgeführt wurden, empfehlen die Autoren eine 20 % Überkorrektur. Die Tendenzen der von Kanno et al. und Saulacic et al. ermittelten Resorptionswerte bestätigen die in der vorliegenden Arbeit genannten Ergebnisse.

Resorptionswerte, die einen längeren Beobachtungszeitraum berücksichtigen, wurden vom Chiapasco et al. (11) veröffentlicht. Sie beobachteten bei einem Patientenkollektiv von 37 Personen einen durchschnittlichen Knochenabbau von 24,2 % zwei Jahre, nachdem die Implantate versorgt wurden, nach drei Jahren wuchs der Wert auf 36,4 % und im vierten Jahr auf 50,5 %. Diese Werte werden von der vorliegenden Arbeit bestätigt. Das gilt auch für die beobachteten Komplikationen wie Kieferfraktur und Verlagerung des distraherten Knochensegmentes.

Zum Thema der beobachteten und potentiellen Komplikationen während der Distraktionsosteogenese existieren mehrere Veröffentlichungen (21,25,52,61), in denen die Komplikationsraten zwischen 3,3 – 79,3 % variieren. Die auftretenden Probleme waren jedoch häufig mit einfachen Mitteln zu lösen, sodass eine Implantatinserterion nur selten gefährdet war. Die letztendlichen Erfolgsraten, welche zwischen 100 % und 89,1 % lagen, bestätigen die Beherrschbarkeit der auftretenden Schwierigkeiten. Es wird außerdem klar, dass die Kieferfraktur die schwerste beobachtete Komplikation darstellt (11,21,78), welche jedoch nicht zwangsläufig zum Abbruch des Verfahrens führen muss (11). In Anbetracht ähnlicher Studien ist die häufigste gemeinsame Komplikation die Kippung des Transportsegmentes (11,42,53). In übereinstimmender Meinung mit Chiapasco et al. ist für die Oralkippung im Oberkiefer die dicke und unelastische palatinale Schleimhaut verantwortlich. Die im Unterkiefer zu

beobachtende linguale Kippung wird durch die Mundbodenmuskulatur (M. mylohyoideus etc.) hervorgerufen. Mithilfe einer zahngetragenen Acrylschiene, an die sich der Aktivierungsposten des Distraktors anlagern kann, kann eine Kippung des Segmentes verhindert werden (78). Über ein kieferorthopädisches Verfahren zur Korrektur falsch positionierter Distraktionssegmente berichteten Uckan et al. (81).

Da in der Gruppe der Distraktionspatienten sowohl simultan mit der Distraktorentfernung als auch zeitversetzt implantiert wurde, liegt es nahe, auch diese beiden Vorgehensweisen miteinander zu vergleichen. Allerdings sind die Fallzahlen nur niedrig, sodass ein Vergleich nicht aussagekräftig wäre. Es bleibt jedoch zu bedenken, dass das zweizeitige Vorgehen die sicherere Variante darstellt – eventuell vorhandene entzündliche Stellen der Gingiva am Durchtrittspunkt des Distraktorpfostens könnten bei dem simultanen Verfahren den Implantaterfolg gefährden (78).

Die Problematik der Wundinfektion kann mithilfe von Distraktionsimplantaten umgangen werden. Durchtrittsstellen eines Distraktionspfostens sind bei diesem Verfahren nicht vorhanden. Erste Erfahrungsberichte wurden von Kunkel et al. (44) und Klein et al. (41) verfasst. Sie stellten fest, dass die Vorteile des Verfahrens darin bestanden, dass die Wundinfektion durch die fehlende seitliche Perforation der Schleimhaut geringer war, dass keine plattenähnlichen Fixierungselemente eingebracht werden mussten, welche eine spätere Entfernung erfordert hätten – eine erneute Eröffnung des Wundgebietes blieb erspart – und dass ein großer Bedienungskomfort durch den axialen, aus der Implantologie gewohnten Zugang, gegeben war. Sie kamen zu dem Schluss, dass es noch weiterer klinischer Beurteilung bedarf, um die Erfahrungswerte dieses Verfahrens zu vergrößern.

Die Qualität des durch Distraction aufgebauten Knochens wurde von Chiapasco et al. beurteilt (12). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass der aufgebaute Knochen genügend Volumen und Reife bietet, Implantate primär stabil zu inserieren.

Die grundlegenden Vorteile der vertikalen Distraktionsosteogenese gegenüber herkömmlichen autologen Knochentransplantaten (11,13,32,33,45) sind zusammenfassend:

1. geringere Resorptionen (Abb. 12, 13)
2. Verzicht auf Entnahme eines Knochentransplantates
3. simultane Knochen- und Weichgewebevermehrung

4. geringe Gesamtmorbidität und Infektionsrate
5. Implantatversorgung nach 3 Monaten möglich

Die vertikale Distraktionsosteogenese wird zusammenfassend als effektives Operationsverfahren und wertvolle Alternative zu bestehenden Konzepten angesehen (11,12,33,47,52,59).

Im Rahmen einer präimplantologischen Rehabilitation stellt bei größeren Defekten und fortgeschrittener Atrophie die Augmentation mit autologen Knochentransplantaten momentan noch die Behandlungsmethode der ersten Wahl dar (54,64,80). Als kritisch wird jedoch der Langzeiterhalt des augmentierten Knochens gesehen. In der Literatur wurde beschrieben, dass 2-3 Jahre nach alleiniger Augmentation des atrophischen Kiefers mit avaskulären autologen Knochentransplantaten eine nahezu vollständige Resorption des Augmentats zu erwarten war (43,69). Neukam et al. (58) arbeiteten in ihrer Veröffentlichung heraus, dass der Erhalt des aufgelagerten Knochens davon abhängig war, wie schnell der Knochen funktionell belastet wurde. Frühe Belastungen wirken sich positiv auf den Langzeiterfolg aus. Anhand knochenszintigraphischer Verlaufskontrollen konnte gezeigt werden, dass nach 3-4 Monaten das aufgelagerte Knochentransplantat knöchern durchbaut war und damit belastet werden konnte (56).

Der in der vorliegenden Arbeit ermittelte Höhenverlust des Alveolarfortsatzes von 45,3 % ( $\pm$  18,7 %) nach einem durchschnittlichen Beobachtungszeitraum von 45,1 Monaten zeigte, dass über eine kaufunktionelle Belastung der enossalen Implantate der Höhenverlust des Augmentats begrenzt blieb. Zeitpunkt des größten Höhenverlustes war die unbelastete Anfangsphase. In der vorliegenden Studie fand in diesem Zeitabschnitt durchschnittlich 59,9 % des Gesamthöhenverlustes statt. Dabei umfasste dieses zeitliche Intervall nur 13,9 % des beobachteten Gesamtzeitraumes. Diese Aussagen decken sich mit den Ergebnissen von Neukam et al. (56).

In dieser retrospektiven Erhebung wurde nicht unterschieden, ob die Implantate simultan mit der Auflagerungsosteoplastik oder sekundär in einer Zweitoperation inseriert wurden. Aufgrund der geringen Anzahl der Fälle hätte die Unterscheidung hinsichtlich der verschiedenen Vorgehensweisen keine aussagefähigen Werte geliefert. In einer Untersuchung von Schliephake et al. (64) betrug die Implantatverweilwahrscheinlichkeit ohne Unterscheidung des Implantationszeitpunktes nach 10 Jahren 73,3 %. Dieser Prozentsatz setzte sich zusammen aus

einer 67,6 %igen Erfolgsrate der simultan und einer 96,6 %igen Erfolgsrate der sekundär inserierten Implantate. Sie kamen damit zu dem Ergebnis, dass eine sekundäre Implantation vorzuziehen wäre.

Negativ blieb zu bewerten, dass das Weichteillager meist den limitierenden Faktor darstellte (45). Anders als bei der Distraktionsosteogenese fand keine Histiogenese statt (63,78). Periost, Nerven und bedeckende Schleimhaut wuchsen nicht mit, sodass eine umfangreiche Mobilisierung des Mukoperiostlappens erfolgen musste. Dadurch wurden die Belastungsgrenzen des Transplantatlagers schnell erreicht. Auftretende Komplikationen, wie Nahtdehiszenzen mit nachfolgender Infektion, wurden durch eine insuffiziente Weichteildecke vermehrt hervorgerufen (57,58). Die Notwendigkeit einer, im Gegensatz zur Distraktionsosteogenese, zusätzlichen Knochenentnahme und die damit entstehende Spenderregionproblematik, schränken dieses Verfahren in der Praxisanwendung ein. Aufgrund dessen bleibt die Indikation beschränkt auf einen extrem atrophischen Kiefer mit einem vertikalen Restknochenangebot von 6-7 mm (56).

Esposito et al. (23) zeigten in ihrer Literaturrecherche, dass die Auflagerungsosteoplastik im Gegensatz zur Insertion von kurzen Implantaten in den nicht präimplantologisch aufgebauten Knochen statistisch und klinisch die signifikant schlechtere Alternative darstellte. Höhere Komplikationsdichte, niedrigerer Patientenkomfort, deutlich höhere Kosten für die Gemeinschaft, längere Behandlungsdauer und ein klinisch schlechteres Ergebnis wurden im Vergleich genannt.

Die zunehmende Pneumatisierung der Sinus maxillaris sowie die Alveolarkammatrophy sind Gründe dafür, dass sich der Oberkiefer nicht zur Aufnahme von ausreichend langen Implantaten, bei denen das Wurzel-Kronenverhältnis stimmig ist, eignet. Eine präimplantologische Auffüllung der Sinus im Rahmen einer Sinusbodenelevation und – augmentation schafft die nötigen Voraussetzungen für eine erfolgreiche Implantatinsertion. In der Literatur wurde beschrieben, dass die Stabilität des jeweiligen Augmentats materialabhängig zu sein scheint (72). Der Erhalt der ursprünglichen Augmentathöhe bei autologem Knochen war demnach signifikant besser als bei der Verwendung von Knochenersatzmaterialien ( $p < 0,05$ ) (27). Nach einer Beobachtungszeit von 1-3 Jahren wurden bei der Verwendung von deproteinisierter boviner Knochenmatrix in Kombination mit autologem Knochen Höhenverluste zwischen 1,4 % (26) und 10 % (30) ermittelt. Die Implantaterfolgsrate wurde nicht vom Augmentationsmaterial beeinflusst (72).

In der vorliegenden Untersuchung wurden zur Augmentation der Sinushöhlen in 13 Fällen autologer Knochen (Beckenkammspongiosa, Knochen von der Linea obliqua und dem Tuber) verwendet. In einem Fall kam die Kombination autologer Knochen und Knochenersatzmaterial (Algipore®) und in ebenfalls einem Fall nur Knochensatzmaterial zum Einsatz. Nach einem Beobachtungszeitraum von 31,9 Monaten lag der Höhenverlust bei 18,4 % ( $\pm 11,4$  %). Zeitpunkt des größten Höhenverlustes war die unbelastete Anfangsphase. In diesem Zeitintervall fanden durchschnittlich 41 % des Gesamthöhenverlustes statt. Dabei nahm dieser Beobachtungszeitraum nur 23,5 % des beobachteten Gesamtzeitraumes ein.

Die Implantatinsertion konnte entweder simultan mit der Augmentation der Sinushöhlen erfolgen oder zeitversetzt in einer Zweitoperation. Das vertikale Restknochenangebot war dabei eine Entscheidungshilfe. Eine Resthöhe von 4-5 mm wurde in der Literatur als Grenzwert angegeben (36,72,77). Ein Unterschied in der Implantat-Erfolgsrate wurde im Vergleich beider Vorgehensweisen nicht gefunden (72). Wichtig war es, unabhängig vom Verfahren, dass die Implantate primär stabil verankert wurden. Nach einem Beobachtungszeitraum zwischen 2 und 5 Jahren wurde die Implantatverweilwahrscheinlichkeit mit 90-93 % angegeben (36,50,72,82).

Die Sinusbodenelevation und -augmentation stellt ein zuverlässiges und anerkanntes Verfahren dar (20,22,72), das Implantatverweilwahrscheinlichkeiten erwarten lässt, welche vergleichbar sind mit der Implantation in nicht augmentierten Regionen. Der Höhenverlust des augmentierten Knochens zeigte mit 18,4 % ( $\pm 11,4$  %) nach einem Beobachtungszeitraum von 31,9 Monaten im Vergleich zur vertikalen Distraktionsosteogenese und zur Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat die stabilsten Verhältnisse.

### Schlussfolgerung

Aufgrund des Kollektivs von insgesamt 45 Patienten hatte die vorliegende retrospektive Untersuchung, bedingt durch die geringe Anzahl von vertikalen Distraktionsosteogenesen im klinischen Alltag über den Untersuchungszeitraum, den Charakter einer kleinen Stichprobe. Die Datenlage war dennoch ausreichend, um eine Aussage darüber zu treffen, welche Operationsmethode ein höhenstabiles implantologisches Lager schaffte.

Die vertikale Distraktionsosteogenese führte tendenziell, aber nicht signifikant zu geringeren Höhenverlusten des präimplantologisch aufgebauten Knochens als die Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat. Beide Verfahren erreichten nicht so stabile Verhältnisse wie die Sinusbodenelevation. Signifikant war der Unterschied

zwischen der Auflagerungsteoplastik und der Sinusbodenelevation. Der Zeitpunkt des größten Höhenverlustes war jeweils die unbelastete Anfangsphase zwischen Augmentation und Implantatinsertion. Die Hypothese, dass die vertikale Distraktionsosteogenese einem geringeren Höhenverlust als die anderen beiden Augmentationsverfahren aufweist, ist damit abgelehnt.

Die gleichzeitig mit dem Knochenzuwachs ablaufende Weichgewebevermehrung (63,78) war ein großer Vorteil der Distraktionsosteogenese. Im Gegensatz zur Auflagerungsteoplastik stellte das Weichteillager nicht den limitierenden Faktor dar (45), eine umfangreiche Mobilisierung des Mukoperiostlappens entfiel. Die bei der Knochenentnahme entstehende Spenderregionproblematik spielte bei der Distraktionsosteogenese keine Rolle. Die Gesamtmorbidität war geringer. Implantatversorgungen waren bereits nach 3 Monaten möglich (11,13,32,33). Ob die vertikale Distraktionsosteogenese das freie Beckenkammtransplantat als Verfahren der ersten Wahl ablösen kann, bleibt trotz der genannten Vorteile kritisch zu beurteilen (13).

Nebenbefundlich wurden die Komplikationen dokumentiert und es zeigte sich, dass die Distraktionsosteogenese keine unproblematische Alternative darstellte (52,61,81). Die Unterkieferfraktur, welche auch in der vorliegenden Untersuchung zweimal zu verzeichnen war, war eine häufige und gefürchtete Komplikation. Gerade bei gravierenden Knochendefiziten, bei denen eine Augmentation umso wichtiger erschien, blieb nach Osteotomie oft nur eine sehr dünne basale Kieferspange, die leicht brechen konnte. Ein Abbruch des Verfahrens musste aufgrund dieser Komplikation nicht erfolgen (11). Das Beckenkammtransplantat erscheint in dieser Hinsicht vorteilhaft: Ein frakturgefährdeter Unterkiefer würde durch die Auflagerung eines Beckenspans an Stabilität gewinnen. Eine Osteotomie und somit eine zusätzliche Schwächung wäre nicht notwendig.

Im Oberkiefer, im Bereich der Sinus maxillaris, stellte die Sinusbodenelevation ein stabiles und anerkanntes Verfahren (20,22,72) zur Augmentation des in der Höhe reduzierten Alveolarfortsatz dar. Die vertikale Distraktionsosteogenese schaffte weder höhenstabilere Verhältnisse noch war sie vom operativen Aufwand her einfacher oder risikoärmer durchzuführen.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden retrospektiven Untersuchung wurde der Höhenverlust von vertikal augmentierten Knochen als präimplantologisches Lager untersucht. Die vertikale Distraktionsosteogenese wurde mit der Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat und der Sinusbodenelevation verglichen. Folgende Hypothese wurde formuliert: Das Verfahren der vertikalen Distraktionsosteogenese führt zu einem geringeren Höhenverlust des augmentierten Knochens als die Auflagerungsosteoplastik mit freiem Beckenkammtransplantat oder die Sinusbodenelevation.

Es wurden die prä- sowie postoperativen Panoramaschichtaufnahmen von insgesamt 45 Patienten mit einem Alter zwischen 18 und 86 Jahren ausgewertet. Es handelte sich dabei um 30 Frauen und 15 Männer. Das Durchschnittsalter betrug 49 Jahre. Der durchschnittlich beobachtete Nachuntersuchungszeitraum betrug 34,9 Monaten. Die röntgenologische Dokumentation erstreckte sich von 1994 bis 2007. Die Röntgenbilder wurden digitalisiert und ausgewertet. Wegen Verzerrungen und Verschiebungen der im standardisierten Verfahren aufgenommenen Röntgenbilder musste eine Bearbeitung in Form einer geometrischen Transformierung (Superimposition) erfolgen. Darauf waren die Panoramaschichtaufnahmen untereinander vergleichbar. Die Knochenveränderungen zu den verschiedenen postoperativen Situationen wurden ausgemessen. Aufgrund der ungleichen Messpunkte zwischen den einzelnen Patientenfällen, wurde, um eine Vergleichbarkeit herzustellen, jeweils die prozentuale Höhenreduktion aus den Höhenangaben in Millimetern errechnet. Dadurch konnten die Patientenfälle in einer Studiengruppe, aber auch die Gruppen untereinander verglichen werden.

Bei dem Vergleich des Höhenverlustes der drei verschiedenen Augmentationstechniken zeigte sich die Sinusbodenelevation als ein Verfahren von hoher Stabilität. Der Höhenverlust betrug nach einem Beobachtungszeitraum von 31,9 Monaten 18,4 % ( $\pm 11,4$  %) und war damit signifikant ( $p = 0,001$ ) geringer als bei der Auflagerungsosteoplastik. Zur Distraktionsosteogenese bestand kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,23$ ). Die vertikale Distraktionsosteogenese zeigte mit einem Höhenverlust von 37,8 % ( $\pm 22,7$  %) nach einem untersuchten Zeitraum von 27,7 Monaten stabilere, jedoch nicht signifikant ( $p = 0,53$ ) bessere Verhältnisse als die Auflagerungsosteoplastik. Nach einem Beobachtungszeitraum von 45,1 Monaten lag hier der Höhenverlust bei 45,3 % ( $\pm 18,7$  %).

Die Hypothese wurde damit abgelehnt. Die hier nicht untersuchte Histioneogenese des Weichgewebes stellt die vertikale Distraktionsosteogenese jedoch in klinischer Hinsicht als eine wertvolle Alternative zu den genannten Verfahren dar.

## 6. LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Adell, R., Eriksson, B., Lekholm, U., Brånemark, P.-I., Jemt, T. (1990): A long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws. *Int J Oral Maxillofac Implants* ; 5 : 347-359
- (2) Arvidson, K., Bystedt, H., Frykholm, A., von Konow, L., Lothigius, E. (1998): Five-year prospective follow-up report of astra tech dental implant system in the treatment of edentulous mandibles. *Clin Oral Implants Res*; 9: 225-234
- (3) Astrand, P. (1992): Onlay bone grafts to the mandible. In: Worthington, P., Brånemark, P.-I. (Hrsg.) *Advanced osseointegration surgery. Applications in the maxillofacial region*, 123-135, Quintessence, Chicago
- (4) Behrens, E., Härle, F. (2003): Sinus-lift-Operation mit intraoral gewonnenen Knochentransplantaten. *Zahnärztl Mitt*; 8: 36-41
- (5) Block, M.S., Kent, J.N., Kallukaran, F.U., Thunthy, K., Weinberg, R. (1998): Bone maintenance 5 to 10 years after sinus grafting. *J Oral Maxillofac Surg*; 56: 706-14
- (6) Boyne, P.J., James, R.A. (1980): Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. *J Oral Surg*; 38: 613-616
- (7) Brånemark, P.-I. (1985): Einführung in die Osseointegration. In: Brånemark, P.-I., Zarb, G.A., Albrektsson, T. (Hrsg.) *Gewebeintegrierter Zahnersatz. Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde*, 11-76, Quintessenz, Berlin
- (8) Buser, D., Ingimarsson, S., Dula, K., Lussi, A., Hirt, H.P., Belser, U.C. (2002): Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: a 5 year prospective study in partially edentulous patients. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 22: 108-117



- (9) Buser, D., Mericske-Stern, R., Bernhard, J.P., Behneke, A., Behneke, N., Hirt, H.P., Belser, U.C., Lang, N.P. (1997): Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part I: 8-year life table analysis of a prospective multicenter study with 2359 implants. *Clin Oral Implants Res*; 8: 161-172
- (10) Cawood, J.I., Howell, R.A. (1991): Reconstructive preprosthetic surgery. I. Anatomical considerations. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 20: 75-82
- (11) Chiapasco, M., Consolo, U., Bianchi, A., Ronchi, P. (2004): Alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a multicenter prospective study on humans. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 19: 399-407
- (12) Chiapasco, M., Lang, N.P., Bosshardt, D.D. (2006): Quality and quantity of bone following alveolar distraction osteogenesis in the human mandible. *Clin Oral Implants Res*; 17: 394-402
- (13) Chiapasco, M., Zaniboni, M., Rimondini, L. (2007): Autogenous onlay bone grafts vs. alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a 2-4-year prospective study on humans. *Clin Oral Implants Res*; 18: 432-440
- (14) Chin, M., Toth, B.A. (1996): Distraction osteogenesis in maxillofacial surgery using internal devices: review of five cases. *J Oral Maxillofac Surg*; 54: 45-53
- (15) Clementschitsch, F. (1950): Über die Wiederherstellung der Prothesenfähigkeit des Oberkiefers. *Österr Z Stomatol*: 11-21
- (16) Codivilla, A. (1994): On the means of lengthening in the lower limbs, the muscles, and tissues which are shortened through deformity. 1904. *Clin Orthop Relat Res*: 4-9
- (17) Delnon, H.P. (1986): Die Technik der Kongruenz-Orthopantomographie. *Quintessence Int*; 37: 891-895

- (18) Draenert, G.F., Ehrenfeld, M., Eisenmenger, W. (2007): Eine neue Technik zur indirekten Sinusbodenelevation mit Knochendübeln in Press-fit-Technik (Dowel-Lift). Kurze Vorstellung der ersten In-vitro Ergebnisse. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 11: 43-44
- (19) Düvelsdorf, K.-H. (1974): Ein Beitrag zum Problem der Herstellung identischer Orthopantomogramme. *Med.Diss., Hamburg*
- (20) Engelke, W., Deckwer, I. (1997): Endoscopically controlled sinus floor augmentation. A preliminary report. *Clin Oral Implants Res*; 8: 527-531
- (21) Enislidis, G., Fock, N., Millesi-Schobel, G., Klug, C., Wittwer, G., Yerit, K., Ewers, R. (2005): Analysis of complications following alveolar distraction osteogenesis and implant placement in the partially edentulous mandible. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*; 100: 25-30
- (22) Erbe, M., Blijdorp, P.A., Hoppenreijns, T.J.M., Stoelinga, P.J.W. (1996): Sinusbodenelevation und Onlayosteoplastik zur Verbreiterung des extremen schmalen Oberkieferkammes. *Dtsch Zahnärztl Z*; 51: 49-52
- (23) Esposito, M., Grusovin, M.G., Coulthard, P., Worthington, H.V. (2006): The efficacy of various bone augmentation procedures for dental implants: a cochrane systematic review of randomized controlled clinical trials. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 21: 696-710
- (24) Franz, G., Werbatus, H.J. (1974): Fehler „deckungsgleicher“ Orthopantomogramme bei Patienten mit totalem Zahnersatz. *Dtsch Zahnärztl Z*; 29: 324-326
- (25) Froum, S.J., Rosenberg, E.S., Elian, N., Tarnow, D., Cho, S.C. (2008): Distraction osteogenesis for ridge augmentation: prevention and treatment of complications. Thirty case reports. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 28: 337-345

- (26) Froum, S.J., Tarnow, D.P., Wallace, S.S., Rohrer, M.D., Cho, S.C. (1998): Sinus floor elevation using anorganic bovine bone matrix (OsteoGraf/N) with and without autogenous bone: a clinical, histologic, radiographic, and histomorphometric analysis – part 2 of an ongoing prospective study. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 18: 529-543
- (27) Geurs, N.C., Wang, I.C., Shulman, L.B., Jeffcoat, M.K. (2001): Retrospective radiographic analysis of sinus graft and implant placement procedures from the academy of osseointegration consensus conference on sinus grafts. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 21: 517-523
- (28) Gomez-Roman, G., Lukas, D., Beniashvili, R., Schulte, W. (1999): Area-dependent enlargement ratios of panoramic tomography on orthograde patient positioning and its significance for implant dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 14: 248-257
- (29) Gottsauner, A., Hardt, N. (1993): Technik und Erfahrungen mit der Sinuslift-OP und enossalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol*; 10: 184-187
- (30) Hallman, M., Hedin, M., Sennerby, L., Lundgren, S. (2002): A prospective 1-year clinical and radiographic study of implants placed after maxillary sinus floor augmentation with bovine hydroxyapatite and autogenous bone. *J Oral Maxillofac Surg*; 60: 277-284
- (31) Hermann, J.S., Cochran, D.L., Nummikoski, P.V., Buser, D. (1997): Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol*; 68: 1117-1130
- (32) Hidding, J., Lazar, F.C., Zöller, J.E. (1999): Erste Ergebnisse bei der Distractionsosteogenese des atrophischen Alveolarkammes. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 3, Suppl. 1: 79-83
- (33) Hidding, J., Lazar, F.C., Zöller, J.E. (2002): Die vertikale Kieferkammdistraktion. *Dtsch Zahnärztl Z*; 57: 75-81

- (34) Hjorting-Hansen, E. (2002): Bone grafting to the jaws with special reference to reconstructive preprosthetic surgery. A historical review. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 6: 6-14
- (35) Ilizarov, G.A. (1971): Basic principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis. *Orthop Traumatol Protez*; 30: 7-13
- (36) Jensen, O.T., Shulman, L.B., Block, M.S., Iacono, V.J. (1998): Report of the sinus consensus conference of 1996. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 13, Suppl: 11-14
- (37) Kanno, T., Mitsugi, M., Furuki, Y., Hosoe, M., Akamatsu, H., Takenobu, T. (2007): Overcorrection in vertical alveolar distraction osteogenesis for dental implants. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 36: 398-402
- (38) Keller, E., Tolman, D.E. (1992): Mandibular ridge augmentation with simultaneous onlay iliac bone graft and endosseous implants: a preliminary report. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 7: 176-184
- (39) Kent, J.N., Block, M.S. (1993): Discussion of augmentation of the maxillary sinus floor with autologous bone for placement of endosseous implants: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg*; 51: 1203-1205
- (40) Khoury, F. (1999): Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6 year clinical investigation. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 14: 557-564
- (41) Klein, C., Papageorge, M., Kovacs, A., Carchidi, J.E. (1999): Erste Erfahrungen mit einem neuen Distraktionsimplantatsystem zur Kieferaugmentation. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 3, Suppl. 1: 74-78
- (42) Klug, C.N., Millesi-Schobel, G.A., Millesi, W., Watzinger, F., Ewers, R. (2001): Preprosthetic vertical distraction osteogenesis of the mandible using an L-shaped osteotomy and titanium membranes for guided bone regeneration. *J Oral Maxillofac Surg*; 59: 1302-1308

- (43) Koberg, W. (1985): Spätergebnisse nach Augmentationsplastiken. Dtsch Z Zahnärztl Implantol; 1: 239-245
- (44) Kunkel, M., Wahlmann, U., Reichert, T.E., Wagner, W. (1999): Die vertikale Distraction des Alveolarfortsatzes: Erste klinische Erfahrungen mit einem enossalen Distraktorimplantat. Z Zahnärztl Implantol; 15: 71-77
- (45) Lambrecht, J.T., Ostojic, S. (2005): Vertikale Distractionsosteogenese des Alveolarfortsatzes zur Versorgung mit Implantaten. Schweiz Monatsschr Zahnmed; 115: 20-31
- (46) Laney, W.R., Jemt, T., Harris, D., Henry, P.J., Krogh, P.H., Polizzi, G., Zarb, G.A., Herrmann, I. (1994): Osseointegrated implants for single tooth replacement: progress report from a multicenter prospective study after 3 years. Int J Oral Maxillofac Implants; 9: 49-54
- (47) Lazar, F.C., Hidding, J., Zöller, J.E. (1999): Knöcherne Regeneration des Unterkieferalveolarfortsatzes mit Hilfe der vertikalen Kallusdistraction. Dtsch Zahnärztl Z; 54: 51-54
- (48) Lekholm, U., van Steenberghe, D., Herrmann, I., Bolender, C., Folmer, T., Gunne, J., Henry, P., Higuchi, K., Laney, W., Lindén, U. (1994): Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: a prospective 5-year multicenter study. Int J Oral Maxillofac Implants; 9: 627-635
- (49) Leonhardt, A., Grondahl, K., Bergstrom, C., Lekholm, U. (2002): Long-term follow-up of osseointegrated titanium implants using clinical, radiographic and microbiological parameters. Clin Oral Implants Res; 13: 127-132
- (50) Lindenmüller, I.H., Lambrecht, J.T. (2006): Sinusbodenelevation und Implantation – eine retrospektive Untersuchung. Schweiz Monatsschr Zahnmed; 116: 142-149

- (51) Lindquist, L.W., Carlsson, G.E., Jemt, T. (1996): A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by oseeointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. *Clin Oral Implants Res*; 7: 329-336
  
- (52) Mazzonetto, R., Allais, M., Maurette, P.E., Moreira, R.W. (2007): A retrospective study of the potential complications during alveolar distraction osteogenesis in 55 patients. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 36: 6-10
  
- (53) McAllister, B.S. (2001): Histologic and radiographic evidence of vertical ridge augmentation utilizing distraction osteogenesis: 10 consecutively placed distractors. *J Periodontol*; 72: 1767-1779
  
- (54) McAllister, B.S., Haghghat, K. (2007): Bone augmentation techniques. *J Periodontol*; 78: 377-396.
  
- (55) McCarthy, J.G., Schreiber, J., Karp, N., Thorne, C.H., Grayson, B.H. (1992): Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg*; 89: 1-8
  
- (56) Neukam, F.W., Bothe, K., Schliephake, H., Schmelzeisen, R., Schultze, A., Wichmann, M. (1993): Osteoplastische Rekonstruktion in Kombination mit Implantaten im extrem atrophischen Unterkiefer. *Dtsch Zahnärztl Z*; 48: 808-810
  
- (57) Neukam, F.W., Hausamen, J.-E., Scheller, H. (1990): Knochentransplantation in Kombination mit enossalen Implantaten. *Z Stomatol*; 87: 125-138
  
- (58) Neukam, F.W., Scheller, H., Günay, H. (1989): Experimentelle und klinische Untersuchungen zur Auflagerungsosteoplastik in Kombination mit enossalen Implantaten. *Z Zahnärztl Implantol*; 5: 235-241
  
- (59) Raghoobar, G.M., Stellingsma, K., Meijer, H.J., Vissink, A. (2008): Vertical distraction of the severely resorbed edentulous mandible: an assessment of treatment outcome. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 23: 299-307

- (60) Sachs, L., Hedderich, J. (2006): *Angewandte Statistik. Methodensammlung mit R.* Springer, Berlin
- (61) Saulačić, N., Somosa Martín, M., de Los Angeles Leon Camacho, M., Garcia Garcia, A. (2007): Complications in alveolar distraction osteogenesis: a clinical investigation. *J Oral Maxillofac Surg*; 65: 267-274
- (62) Saulačić, N., Somosa Martín, M., Gándara-Vila, P., Garcia Garcia, A. (2005): Relapse in alveolar distraction osteogenesis: an indication for overcorrection. *J Oral Maxillofac Surg*; 63: 978-981
- (63) Schierle, H.P., Mauk, C., Schliephake, H. (2000): Vertikale Distraction des bezahnten Alveolarfortsatzes mittels einer zahngetragenen Apparatur. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 4: 50-52
- (64) Schliephake, H., Neukam, F.W., Wichmann, M., Hausamen, J.E. (1997): Langzeitergebnisse osteointegrierter Schraubenimplantate in Kombination mit Osteoplastiken. *Z Zahnärztl Implantol*; 13: 73-78
- (65) Schmelzeisen, R., Raufmann, W., Neukam, F.W. (1987): Quantitative Bestimmung der Knochenresorption am Beispiel osteointegrierter Implantate – Erste Ergebnisse eines rechnergestützten Normierungsprogrammes von OPT-Verlaufsaufnahmen. *Z Zahnärztl Implantol*; 3: 156-160
- (66) Schmid, E. (1954): Die aufbauende Kieferkammplastik. *Österr Z Stomatol*; 51: 582-583
- (67) Schug, T., Dumbach, J. (1999): Dislokation enossaler Implantate in die Kieferhöhle – eine seltene implantologische Komplikation. *Z Zahnärztl Implantol*; 15: 224-228
- (68) Setz, J., Krämer, A., Lin, W. (1989): Vermessung von Orthopantomogrammen in der präimplantären Diagnostik. *Z Zahnärztl Implantol*; 5: 64-67
- (69) Shelton, D.W. (1977): Critical review of preprosthetic surgery. In: *Current advances in oral surgery*, 2, 359-384, Mosby Ed, St Louis

- (70) Small, S.A., Zinner, I.D., Panno, F.V., Shapiro, H.J., Stein, J.L. (1993): Augmenting the maxillary sinus for implants: report of 27 patients. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 8: 523-528
- (71) Snyder, C.C., Levine, G.A., Swanson, H.M., Browne, E.Z. (1973): Mandibular lengthening by gradual distraction. *Plast Reconstr Surg*; 51: 506-508
- (72) Strietzel, F.P. (2004): Sinusbodenelevation und –augmentation. Evidenzgestützte Aussagen zu Prognose und Risikofaktoren. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 8: 93-105
- (73) Swart, J.G.N., Allard, R.H.B. (1985): Subperiosteal onlay augmentation of the mandible: a clinical and radiographic survey. *J Oral Maxillofac Surg*; 43: 183-187
- (74) Tallgren, A. (1972): The continuing reduction of the residual alveolar ridge in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years. *J Prosthet Dent*; 27: 120-132
- (75) Tatum, O.H. (1977): Maxillary sinus elevation and subantral augmentation. Lecture, Alabama implant study group, Birmingham, Alabama
- (76) Tatum, O.H. (1986): Maxillary and sinus implant reconstruction. *Dent Clin North Am*; 30: 207-229
- (77) Tawil, G., Mawla, M. (2001): Sinus floor elevation using a bovine bone mineral (Bio-Oss®) with or without the concomitant use of a bilayered collagen barrier (Bio-Gide®): a clinical report of immediate and delayed implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 16: 713-721
- (78) Terheyden, H. (2003): Aktuelle Knochenaufbaumethoden. Alternativen zur autogenen Knochentransplantation. In: Horch, H. -H. (Hrsg.), *Zahnärztliche Chirurgie. Praxis der Zahnheilkunde*, 4.Aufl., 362-372, Urban & Fischer, München, Jena



- (79) Tidwell, J.K., Blijdorp, P.A., Hoppenreijts, T.J.M., Stoeltinga, P.J.W., Brouns, J.B., Hinderks, F. (1992): Composite grafting of the maxillary sinus for placement of endosteal implants. *Int J Oral Maxillofac Surg*; 21: 204-209
- (80) Triplett, R.G., Schow, S.R. (1996): Autologous bone grafts and endosseous implants: complementary techniques. *J Oral Maxillofac Surg*; 54: 486-494
- (81) Uckan, S., Haydar, S.G., Imirzalioglu, P., Acar, A.G. (2002): Repositioning of malpositioned segment during alveolar distraction. *J Oral Maxillofac Surg*; 60: 963-965
- (82) Wallace, S.S., Froum, S.J. (2003): Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodontol*; 8: 328-343
- (83) Wangerin, K. (2000): Distraction in der Mund-,Kiefer- und Gesichtschirurgie. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 4, Suppl. 1: 226-236
- (84) Weber, H.P., Crohin, C.C., Fiorellini, J.P. (2000): A 5-year prospective clinical and radiographic study of non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Res*; 11: 144-153
- (85) Weingart, D. (1992): Therapie des zahnlosen, atrophierten Kiefers. Knochentransplantate, enossale Implantate und implantatgestützte Suprastrukturen. Habilitationsschrift, Med. Fakultät, Freiburg
- (86) Weingart, D., Bublitz, R., Petrin, G., Kälber, J., Ingimarsson, S. (2005): Kombination der Sinusliftoperation mit der lateralen Kieferkammaugmentation. *Mund Kiefer Gesichtschir*; 9: 317-323
- (87) Wiltfang, J., Schultze-Mosgau, S., Merten, H.-A., Kessler, P., Ludwig, A., Engelke, W. (2000): Endoscopic and ultrasonographic evaluation of the maxillary sinus after combined sinus floor augmentation and implant insertion. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*; 89: 288-291

- (88) Wood, R.M., Moore, D.L. (1988): Grafting of the maxillary sinus with intraorally harvested autogenous bone prior to implant placement. *Int J Oral Maxillofac Implants*; 3: 209-214

## DANKSAGUNGEN

An erster Stelle bedanke ich mich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Dr. Hendrik Terheyden, für die Überlassung eines sehr interessanten Themas sowie für die wissenschaftliche Betreuung.

Herrn Prof. Dr. Dr. Jörg Wiltfang danke ich für die mir von Seiten der Universitätsklinik Kiel gewährten Untersuchungsmöglichkeiten hinsichtlich der Patienten, aber auch der zum Thema veröffentlichten Literatur.

Stetige Unterstützung und Hilfestellung gab mir Frau Dr. Eleonore Behrens.

Bei Herrn Dipl. Inform. Jürgen Hedderich bedanke ich mich für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung. Schwierige statistische Berechnungen wurden durch seine Anleitung deutlich und verständlich.

Herr Reinhardt stand mir bei Fragen der Computertechnik hilfreich zur Seite.

Frau Juliane Jacobsen danke ich für die Hilfe bei der graphischen Umsetzung von teilweise recht komplizierten Zusammenhängen.

Mein Bruder Nis war mit Rat und Tat bei technischen Problemen für mich da.

## LEBENS LAUF

### PERSÖNLICHE DATEN

---

- Jan-Ove Lornsen Nissen
- Geboren am 23.09.1980 in Stade / Elbe

### ELTERN

---

- Vater: Dr. Uwe Nissen, Zahnarzt
- Mutter: Dr. Christine Nissen, Realschullehrerin

### SCHULBILDUNG

---

- 1986 - 1992 Grundschule Gettorf
- 1992 - 2001 Humboldt-Gymnasium Kiel
- Juni 2001 Abitur

### WEHRDIENST

---

- Juli – September 2001: Grundausbildung bei der Marineversorgungsschule List/Sylt zum Sanitäter
- September – März 2002: Versetzung und Ableistung des Grundwehrdienstes in der Waffentauchergruppe Eckernförde als Sanitäter und Taucherarztgehilfe (Lehrgang zum TAG im Dez. 2001 Neustadt in Holstein)

### STUDIUM

---

- April 2002 – Juni 2007: Studium der Zahnmedizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
- 25. Juni 2007: Zahnmedizinisches Staatsexamen
- September 2005 – Juli 2009: Erstellung der Dissertation

### ANSTELLUNG

---

- seit Oktober 2007 Ausbildungsassistent in der Zahnarztpraxis Dr. Max, Unterföhring