

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Direktor: Prof. Dr. Dr. Michael Ehrenfeld

# Rekonstruktion des Ober- und / oder Unterkiefer- alveolarfortsatzes mit kortiko-spongiösen Beckenkammtransplantaten bei Kieferatrophie

Eine retrospektive Analyse im Zeitraum von 2001 bis 2008

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt  
von  
Tina Hagn  
aus  
Augsburg  
2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: **Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Michael Ehrenfeld**

Mitberichterstatter: **PD Dr. Maximilian Reiter**

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: **Dr. med. Dr. med. dent. S. Schiel**

Dekan: **Prof. Dr. med. dent. Reinhard HICKEL**

Tag der mündlichen Prüfung: **14.03.2018**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Kieferkamatrophie	1
1.2	<b>Knochenaugmentation</b>	<b>5</b>
1.2.1	Verhalten von Knochenaufbaumaterialien (Knochenersatzmaterial bzw. autogener Knochen) im Gewebe	6
1.2.2	Materialien zum Kieferkammaufbau	6
1.2.3	Operationsmethoden zum Kieferkammaufbau	8
1.2.3.1	Externe, offene Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik (Sinusbodenelevation)	9
1.2.3.2	An- und Auflagerungsosteoplastik (Onlay-Graft)	10
1.3	Voraussetzungen für eine Implantation	11
1.4	Osseointegration von Implantaten	12
1.5	Röntgendiagnostik in der Implantologie	13
1.6	<b>Mögliche Komplikationen bei einer Implantat-Insertion mit präimplantologischem Kieferkammaufbau</b>	<b>15</b>
1.6.1	Komplikationen bei der Augmentation	15
1.6.2	Komplikationen an inserierten Implantaten	16
1.7	Fragestellung der Arbeit	18
<b>2</b>	<b>PATIENTEN UND METHODEN</b>	<b>19</b>
2.1	<b>Patienten</b>	<b>19</b>
2.1.1	Einteilung des Patientenkollektivs in Studiengruppen	20
2.1.2	Therapiemethode	23
2.2	<b>Methoden</b>	<b>24</b>
2.2.1	Patientendatenerfassung	24
2.2.2	Auswertungsmethodik der Orthopantomogramme	24
2.2.2.1	Röntgenologische Dokumentation	24
2.2.2.2	Messmethodik	25
2.2.2.3	Auswertungsmethoden	29
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>32</b>
3.1	Alter und Geschlecht der Patienten	32
3.2	Augmentierte Regionen	32
3.3	Einheildauer der Knochenaugmentate	34
3.4	Implantatposition und Implantatanzahl	35
3.5	Daten zu den verwendeten Implantaten	36

<b>3.6</b>	<b>Faktoren welche die Knochenregeneration beeinflussen.....</b>	<b>37</b>
<b>3.7</b>	<b>Bewertung des Kieferkammaufbaus anhand klinischer Parameter .....</b>	<b>39</b>
3.7.1	Aufgetretene Komplikationen bei der Kieferkammaugmentation .....	39
3.7.1.1	Studiengruppe I: .....	40
3.7.1.2	Studiengruppe II: .....	40
3.7.1.3	Studiengruppe III: .....	41
3.7.2	Bewertung des Augmentationserfolges im Gesamtkollektiv der 61 Patienten:.....	42
<b>3.8</b>	<b>Bewertung des Implantations-Erfolges anhand klinischer Parameter .....</b>	<b>42</b>
3.8.1	Bewertung der Implantat-Überlebensrate .....	44
3.8.2	Faktoren die den Implantations-Erfolg beeinflussen .....	45
<b>3.9</b>	<b>Evaluation des Kieferkammaufbaus anhand radiologischer Parameter .....</b>	<b>46</b>
3.9.1	Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten avaskulären Beckenkammtransplantat.....	46
3.9.1.1	Studiengruppe I (externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik).....	46
3.9.1.2	Studiengruppe II (externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit Knochen Auf- und/oder Anlagerung) .....	47
3.9.1.3	Studiengruppe III (Auf- und Anlagerungsosteoplastik) .....	48
3.9.2	Faktoren welche den Höhenverlust am Knochentransplantat beeinflussen.....	51
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>56</b>
4.1	Bewertung des Höhenverlustes der Beckenkamm-Transplantate .....	56
4.2	Bewertung der Implantat-Überlebensrate .....	62
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>77</b>

# 1 Einleitung

Als Mentor der modernen Implantologie gilt P.I. Brånemark, der bei der Einheilung von dentalen Implantaten den Begriff der „Osseointegration“ prägte. Er entwickelte ein neues Implantatsystem bestehend aus Schrauben aus Reintitan. Dieses neue Material und die Erkenntnis der Bedeutung einer funktionslosen Einheilung von Implantaten verbesserten die Prognose von dentalen Implantaten enorm (Watzek und Mailath-Pokorny 2000). Einerseits durch die guten Ergebnisse, die mit den neuen Implantaten erzielt wurden, und andererseits durch den steigenden Wunsch der Patienten nach festsitzendem Zahnersatz erfuhr die Implantologie einen enormen Aufschwung in den letzten Jahrzehnten. Für ein stabiles Langzeitergebnis in der zahnärztlichen Implantologie ist unter anderem ein suffizientes Knochenlager um ein Implantat erforderlich. Heutzutage können ungünstige Implantatlager durch frühzeitig eingeleitete Maßnahmen nach einer Zahnextraktion, wie z.B. eine Socket-Preservation, oder durch den Einsatz von Membranen prinzipiell vermieden werden. Zahnlosigkeit führt jedoch häufig zu sekundärem Abbau des Kieferkamms. Der Wunsch nach einer implantatgetragenen Prothetik nimmt auch bei Patienten mit insuffizientem Implantatlager zu. In den letzten Jahrzehnten wurde daher intensiv nach neuen Möglichkeiten des Kieferkammaufbaus geforscht. Nach wie vor gilt das freie autologe Knochentransplantat beispielsweise vom Kiefer, vom Beckenkamm oder von der Tibia als der „Goldstandard“ in der präimplantologischen dento-alveolären Chirurgie.

## 1.1 Kieferkammatrophy

Unter dem Begriff „Kieferkammatrophy“ versteht man den Verlust von Anteilen oder des gesamten Kieferkammknochens. Der Knochen des Unter- und Oberkiefers unterliegt dabei zum einen einer physiologischen Altersinvolution und zum anderen einer pathologischen Atrophie nach Zahnverlust. Des Weiteren können Faktoren wie eine unphysiologische Belastung des Knochens z.B. durch einen schlecht sitzenden schleimhautgetragenen Zahnersatz, oder auch entzündliche Prozesse

hinzukommen, welche die Atrophie weiter beschleunigen (Schwarz und Becker 2007).

Durch verlangsamte Stoffwechselprozesse gerät der physiologische Knochenumbau mit steigendem Alter in ein Ungleichgewicht. Dies hat einen zunehmenden Knochenschwund zur Folge. Es handelt sich bei dieser sogenannten physiologischen Altersinvolution des Knochens nicht um eine gesteigerte Resorption des Knochens, sondern vielmehr um eine gesenkte Knochenapposition. Diese ist bedingt durch eine gesenkte Osteoblastenaktivität bei gleichbleibender Osteoklastenaktivität. Bei Frauen ist diese physiologische Altersatrophie des Knochens ausgeprägter als bei Männern, da aufgrund der hormonellen Umstellung während der Menopause eine zunehmende Osteoblasteninsuffizienz auftritt (Schwarz und Becker 2007). Als Folge eines Zahnverlustes kommt zu der bereits stattfindenden physiologischen Altersinvolution des Kieferkammknochens ein zusätzlicher pathologischer Kieferkammabbau hinzu. Nach Zahnverlust wandeln sich die auf den Kieferkamm einwirkenden Kaukräfte von einer physiologischen Zugkraft, vermittelt über die Sharpey-Fasern des Zahnes, in eine reine Druckkraft auf den Knochen um. Die durch die Zugkraft induzierten elektrischen Potentiale, die einen positiven Reiz auf das Knochenremodelling und die Knochenneubildung auf den Kieferkamm ausüben, entfallen dadurch. Die osteogenetische Aktivität nimmt gegenüber der nun verstärkt stattfindenden osteoklastischen Aktivität ab. Dadurch gerät das physiologische Remodelling zu Gunsten des Knochenabbaus in ein Ungleichgewicht, was eine Kieferkamatrophie zur Folge hat (Hausamen und Schliephake 2000, Schwarz und Becker 2007). Im ersten Jahr nach Zahnentfernung bzw. -verlust ist die Resorption des Kieferkammes am stärksten. Im Oberkiefer können dabei Höhenverluste von 0,5 mm, im Unterkiefer von 1,2 mm auftreten. In den folgenden Jahren verläuft die Resorption weniger rasant mit einem durchschnittlichen Abbau von 0,1 mm im Ober- und 0,4 mm im Unterkiefer (Hausamen und Schliephake 2000, Schwarz und Becker 2007).

Die Alveolarfortsatzatrophie verläuft in Ober- und Unterkiefer nach einem relativ stereotypen Muster und wird aufgrund der Untersuchungen von Cawood und Howell aus dem Jahr 1988 in sechs Kategorien eingeteilt (siehe Abb. 1a, 1b, S. 4).

Ein unterschiedlicher knöcherner Aufbau von Maxilla und Mandibula führt zu verschiedenen Resorptionsmustern am jeweiligen Alveolarkamm, wobei die Resorption im Unterkiefer viermal schneller als im Oberkiefer erfolgt (Neukam et al. 2007). Während die Maxilla eine sogenannte „Leichtbaukonstruktion“ besitzt, entspricht die Bauweise der Mandibula einem Röhrenknochen. Die Mandibula weist eine dickere Kompakta und eine wesentlich dichtere Spongiosa als die Maxilla auf. Die Resorption verläuft in beiden Kiefern in Richtung auf die jeweilige Kieferbasis. Es resultiert eine zentripetale nach palatinal gerichtete Resorption im Oberkiefer und eine zentrifugale nach vestibulär gerichtete im Unterkiefer. Dies führt im Oberkiefer zu einer Verlagerung des Kieferkammes nach palatinal und im Unterkiefer nach bukkal. Im Laufe der Zeit kommt es zum vollständigen Verlust des Kieferkammes wie in den Abbildungen 1a und 1b (siehe S. 4) veranschaulicht. (Neukam et al. 2007, Schwarz und Becker 2007, Ewers 2008, Watzek et al. 2008, Krischkovsky 2009).

Aus dem initial horizontalem Abbau resultiert oft ein messerscharfer Unterkiefer-Alveolarfortsatz, der durch seine geringe Dimension in der Breite sekundär einem raschen vertikalen Abbau unterliegt. Der horizontale Höhenverlust beginnt in der Regel im Bereich der dünnen vestibulären Alveolarwände und endet bei extremer vertikaler Höhenverlust im Unterkiefer mit einem sogenannten negativen Unterkiefer-Alveolarfortsatz mit teilweise frei unter der Schleimhaut liegendem Nervus alveolaris inferior. Im Seitenzahnbereich des Oberkiefers findet der Höhenverlust des Alveolarfortsatzes initial häufig durch eine Ausdehnung der Kieferhöhlen und einem damit verbundenen Verlust von Knochenhöhe bei weitgehend unveränderter äußerer Form des Kieferkammes statt. Nach Zahnverlust kommt zusätzlich der Abbau des Alveolarfortsatzes von krestal hinzu. Daraus resultiert oftmals nur noch eine dünne knöchernerne Abgrenzung zur Kieferhöhle. (Hausamen und Schliephake 2000, Neukam et al. 2007, Schwarz und Becker 2007, Ewers 2008).

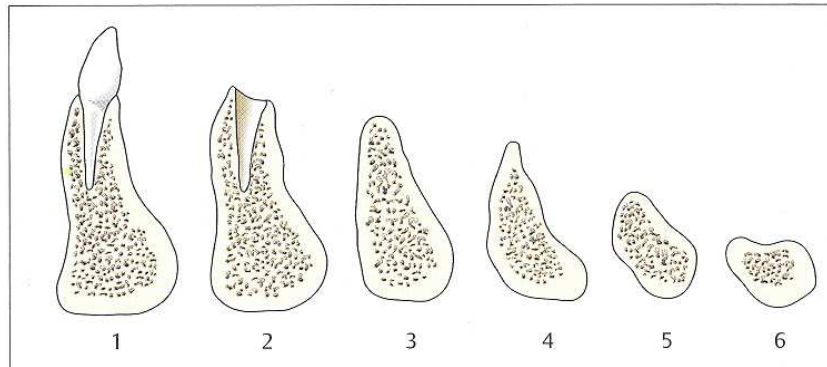


Abbildung 1a. Resorptionsklassen nach Cawood und Howell: Unterkiefer

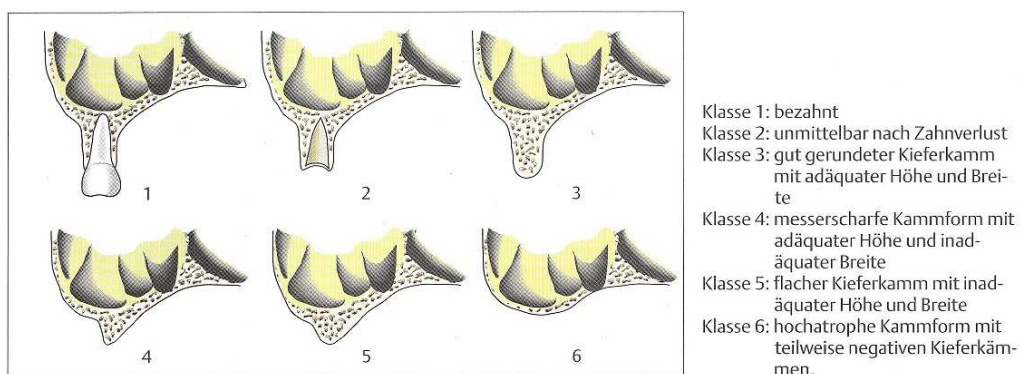


Abbildung 1b. Resorptionsklassen nach Cawood und Howell: Oberkiefer

(Cawood et Howell 1988, aus: Schwenger N, Ehrenfeld M  
 Zahnärztliche Implantate, in: Spezielle Chirurgie Band II; Schwenger N, Ehrenfeld M ; Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2000)

Weitere Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit der Resorptionsvorgänge sind einerseits Entzündungsprozesse des Knochens, vorausgehende parodontale Erkrankungen sowie ungleiche Kau- und Druckbelastung durch schlecht sitzenden schleimhautgetragenen Zahnersatz (Hausamen und Schliephake 2000, Neukam et al. 2007). Andererseits stellen auch metabolische sowie hormonelle Störungen begünstigende Faktoren für den Abbau des Knochens dar. Verstärkend auf den Knochenabbau wirken sich sowohl ein Östrogenmangel als auch eine Überproduktion von Schilddrüsenhormonen aus. Auch der Einfluss von Noxen wie Nikotin begünstigt den Knochenabbau. Nikotin fördert Entzündungsreaktionen im Körper, führt zu einer verzögerten Wundheilung und stört das Gleichgewicht des physiologischen Remodellings des Knochens (Hausamen und Schliephake 2000, Neukam et al. 2007, Krüll et al. 2008).



## 1.2 Knochenaugmentation

In der Chirurgie steht der Begriff „Augmentation“ für einen Gewebeaufbau. In der präprothetischen dento-alveolären Chirurgie versteht man darunter die spezielle chirurgische Rekonstruktion von Knochendefekten im Unter- oder Oberkiefer durch Verpflanzung von Knochengewebe oder Knochenersatzmaterial. Dieser Eingriff ist erforderlich bei stark atrophierten Alveolarfortsätzen - mit nicht ausreichendem Knochenangebot in der Höhe und/oder der Breite - in Vorbereitung einer implantatgetragenen oder implantatgestützten prothetischen Versorgung. Ziel des Eingriffs ist, den transplantierten Knochen in den Gewebeverbund der Empfängerregion zu integrieren. Dabei nutzt man die dynamischen Eigenschaften des Knochens, der durch An- und Abbauvorgänge (Remodelling) in der Lage ist sich funktionellen Gegebenheiten ständig neu anzupassen und vollständig zu regenerieren (Schwenzer und Ehrenfeld 2002, Ewers 2008). Unterscheiden kann man die autologen Knochentransplantationen zum Aufbau von Kieferkämme nach dem jeweiligen Verpflanzungsmodus:

- I. freie avaskuläre Knochentransplantate
- II. freie mikrovaskulär reanastomosierte Knochentransplantate.

Bei der freien avaskulären Transplantation wird das Transplantat ohne seine ernährenden Gefäße aus der Spenderregion gelöst. Eine Entnahme des Transplantats zusammen mit seinen ernährenden Blutgefäßen (Arterie, Vene) und der mikrochirurgische Anschluss an ortsständige Gefäße in der Empfängerregion wird als freie mikrovaskulär reanastomosierte Transplantation bezeichnet. Die Remodelling-Prozesse des Knochens sind dabei in erster Linie von der Art der Mikrozirkulation des Transplantats bzw. des Transplantatlagers abhängig. Daher geht die Einheilung von mikrovaskulär reanastomierten Knochentransplantaten nahezu ohne Resorption einher (Donath et al. 1991, Riediger und Ehrenfeld 1991). Beim nicht vaskularisierten freien autogenen Knochentransplantat hingegen können ausgeprägte Knochenresorptionen von bis zu 30% des auf- bzw. angelagerten Knochens innerhalb der ersten 6 Monate nach Transplantation stattfinden (Widmark et al. 1997, Esser 1999, Cordaro et al. 2002, Araujo et al. 2002, Zöller et al. 2007). Die

mikrovaskulär reanastomosierte Transplantation ist jedoch mit einem deutlich höheren Operationsaufwand und auch einem höheren Risiko (z.B. dem Verschluss eines zu- bzw. abführenden Gefäßes) verbunden. Aus diesem Grund stellt das avaskuläre Knochentransplantat weiterhin das Mittel der Wahl zum Aufbau des atrophen Kiefers dar (Watzek et Mailath-Pokorny 2000, Ewers 2008).

### 1.2.1 Verhalten von Knochenaufbaumaterialien (Knochenersatzmaterial bzw. autogener Knochen) im Gewebe

Die Wirkungsweise von Knochenaufbaumaterialien (Knochenersatzmaterialien, autogener Knochen) im umgebenden Gewebe kann durch drei Parameter beschrieben werden. Diese sind Osteogenese, Osteokonduktion und Osteoinduktion. Eine Neusynthese von Knochen, durch im Knochentransplantat überlebende Osteoblasten, wird als Osteogenese bezeichnet. Unter dem Begriff Osteokonduktion versteht man eine Art „Leitschienen-Funktion“ des eingebrachten Knochenaufbaumaterials zum Einwachsen von Knochen aus dem angrenzenden Knochenlager. Bei der Osteoinduktion wird durch den Einfluss von Knochenmatrixproteinen eine Knochenneubildung induziert (Watzek und Mailath-Pokorny 2000, Neukam et al. 2007, Ewers 2008, Ewers 2009, Hess und Pak 2009).

### 1.2.2 Materialien zum Kieferkammaufbau

Prinzipiell unterscheidet man je nach Art und Herkunft des Materials vier verschiedene Augmentationsmaterialien, wie aus Tabelle 1 ersichtlich:

Bezeichnung	Herkunft	Anwendungsbeispiele
Autogen	Vom selben Individuum	Knorpel-, Knochentransplantate
Allogen	Von derselben Spezies	Lyoknochen, Lyoknorpel, DFDBA*, AAA-Bone**
Xenogen	Von einer anderen Spezies (z.B. Rind, Koralle)	Hydroxylapatit, Kollagen, Kalziumkarbonat (z.B. Bio-Oss)
Alloplastisch	Synthetisch oder halbsynthetisch	Hydroxylapatit, Tricalziumphosphate, Biogläser (z.B. Cerasorb)

Tabelle 1 (\*DFDBA = demineralized freeze-dried bone allograft; \*\*AAA-Bone = autolyzierter antigenextrahierter allogener Knochen)

Das freie autogene Knochentransplantat gilt auf Grund seiner osteogenetischen, osteoinduktiven sowie osteokonduktiven Funktionen nach wie vor als „Goldstan-

dard“ beim Kieferkammaufbau (Wallowy 2010). Der autogene Knochen kann dabei in verschiedenen Varianten entweder als freies Blocktransplantat oder aber auch als Spongiosachips transplantiert werden. Da es sich um Knochen desselben Individuums handelt besteht keine Gefahr einer Transplantatabstoßung durch Antigen-Antikörper-Reaktionen. Zudem weist Eigenknochen eine verkürzte Einheil-dauer auf, da er im Rahmen von physiologischen Remodellingprozessen schneller abgebaut und durch neuen Knochen ersetzt wird, als dies bei alloplastischen Materialien der Fall ist. Letztere werden teilweise, je nach Material, überhaupt nicht durch Knochen ersetzt (Neukam et al. 2007, Ewers 2008, Hess und Pak 2009, Schulz 2009). Die Nachteile von autogenen Knochentransplantaten sind jedoch ihre eingeschränkte Verfügbarkeit und die Entnahmemorbidität mit einem unter Umständen erhöhten peri- bzw. postoperativen Risiko durch die längere Operationszeit. Zudem wird von starken initialen Resorptionen während der Einheilzeit von autogenen Augmentaten berichtet (Terheyden 2003, Baumgarten 2009). Diese können einen Abbau des aufgelagerten Knochens von bis zu 30% innerhalb der ersten 6 Monate nach Kieferkammaufbau zur Folge haben (Widmark et al. 1997, Esser 1999, Cordaro et al. 2002, Araujo et al. 2002, Zöller et al. 2007).

Als allogenes Material wird ein Knochentransplantat bezeichnet, das von einem anderen Individuum derselben Spezies stammt. Es handelt sich dabei zumeist um die natürliche Knochenmatrix von menschlichen Leichnamen. Um ein derartiges Knochentransplantat haltbarer zu machen und zu desinfizieren wird dieses gereinigt, entfettet und entweder tiefgefroren (unter  $-70^{\circ}\text{C}$ ) oder gefriergetrocknet. Das Material verliert durch diese Behandlungen seine antigenen Eigenschaften, wodurch das immunologische Sensibilitätsrisiko minimiert werden kann. Trotz der fehlenden Donormorbidität und ihrer hohen Verfügbarkeit finden allogene Knochen-transplantate auf Grund des nicht vollständig auszuschließenden Infektionsrisikos bei elektiven Eingriffen wie Augmentationen kaum Verwendung (Neukam 2007, Hess und Pak 2009, Ewers 2008).

Unter xenogenem Knochentransplantat versteht man einerseits Knochen von einer anderen Spezies, z.B. vom Rind (bovin), Schwein (porcin) aber andererseits auch Korallenmaterial. Bei diesen Materialien werden durch spezielle Verfahren alle

organischen Bestandteile entfernt. Sie sind daher osteokonduktiv, verlieren durch die Aufbereitungsverfahren jedoch ihre osteoinduktive Aktivität. Bisher ist nicht eindeutig geklärt, ob diese Entfernung der organischen Bestandteile so effektiv ist, dass die Übertragung von Infektionserkrankungen, insbesondere die Übertragung von Prionen, ausgeschlossen werden kann (Hellwig et al. 2009). Der Vorteil xenogener Materialien ist jedoch, dass sie unbeschränkt verfügbar sind und dem Patienten einen Zweiteingriff ersparen, welcher bei autogenen Materialien nötig ist (Neukam et al. 2007, Ewers 2008, Hess und Pak 2009).

Der Ersatz von körpereigenem Gewebe durch synthetisch hergestellte Materialien wird als Alloplastik bezeichnet. Diese Knochenersatzmaterialien weisen neben osseointegrativen auch osteokonduktive Eigenschaften auf. Durch die synthetische Herstellung besteht bei diesen Materialien keine Gefahr einer Infektion. Weitere Vorteile sind ihre gute Verfügbarkeit und fehlende Donormorbidität. Man unterscheidet zwischen nicht resorbierbaren Materialien (z.B. synthetischer Hydroxylapatitkeramik) und resorbierbaren degenerierbaren Materialien (z.B. Tricalciumphosphatkeramik). Da die Tricalciumphosphate im Körper löslich sind, können sie durch ortsständigen Knochen ersetzt werden (Neukam et al. 2007, Ewers 2008, Hess und Pak 2009).

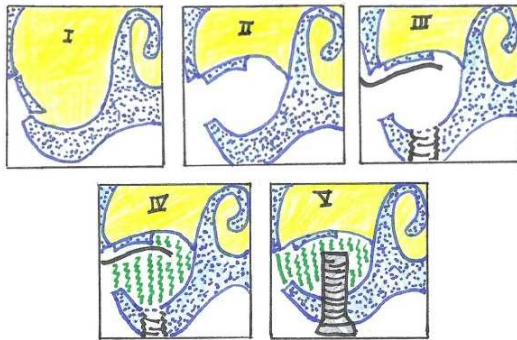
### 1.2.3 Operationsmethoden zum Kieferkammaufbau

In der vorliegenden Studie wurden Patienten nachuntersucht, bei denen eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsteoplastik und/oder eine Auf- und Anlagerungsteoplastik durchgeführt wurde. Es soll hier nur auf diese beiden Verfahren der Kieferkammaugmentation näher eingegangen werden. Die Wahl der jeweiligen Operations-Methode hängt stark von der vertikalen und transversalen bzw. sagittalen Kieferkammhöhe bzw. -breite ab. Beträgt die vertikale Knochenhöhe im Oberkiefer weniger als 6 mm bei ausreichender Kieferkammbreite, so sollte eine offene/externe Sinusbodenelevation als knochenbauende Maßnahme durchgeführt werden. Bei einem vertikalen Knocheniveau von weniger als 6 mm, einer insuffizienten Kieferkammbreite und Höhendefiziten zu benachbarten Kieferkammab-

schnitten sollte zusätzlich eine Knochenauf- bzw. -anlagerung an den Kieferkamm durchgeführt werden (Ackermann 2008, Ewers 2008).

#### 1.2.3.1 Externe, offene Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik (Sinusbodenelevation)

Die Indikation für eine offene Sinusbodenelevation ist zur Vorbereitung einer Implantatversorgung im Oberkieferseitenzahnbereich bei einer vertikalen Restknochenhöhe von weniger als 6mm gegeben (Ewers 2008, Neukam et al. 2007). Ziel ist es eine vollständige knöcherne Bedeckung der Implantatoberfläche zu erreichen, ohne dass man auf Kurzimplantate zurückgreifen muss. Erstmals wurde dieses Verfahren im Jahr 1977 durch Tatum beschrieben und später durch Boyne und James im Jahr 1980 klinisch angewandt. Wie in Abbildung 2 ( S.10) veranschaulicht, wird über ein Knochenfenster in der lateralen Kieferhöhlenwand die Kieferhöhlenschleimhaut vorsichtig aus dem Recessus alveolaris gelöst und anschließend angehoben („Elevation“). Auf diesen Vorgang folgt das Auffüllen des entstandenen Hohlraums im Recessus alveolaris mit Augmentationsmaterial, was als „Sinusgraft“ verstanden wird. Beträgt die Restknochenhöhe mehr als 5mm, kann die Implantation simultan zur Augmentation erfolgen, wenn eine ausreichende Primärstabilität besteht. Bei einer geringeren Restknochenhöhe sollten in einem Zweiteingriff die Implantate erst nach einer Einheilzeit des Transplantates oder Knochenersatzmaterials gesetzt werden (Ewers 2008, Ackermann 2008). Die Einheilzeit bis zur Implantation beträgt bei Eigenknochen etwa 3-6 Monate, bei der Verwendung von Knochenersatzmaterialien sollten je nach verwendetem Material etwa 6-15 Monate bis zur Implantat-Insertion abgewartet werden (Neukam und Schultze-Mosgau 2004).



- Bild I-III: Lösen und Anheben der Kieferhöhlen-Schleimhaut durch ein Knochenfenster in der lateralen Kieferhöhlenwand (Sinusbodenelevation)
- Bild IV: Auffüllen des entstandenen Hohlraumes mit Augmentations-Material („Sinusgraft“)
- Bild V: Implantat-Insertion

Abbildung 2 externe/offene Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik  
(Eigene Darstellung in Anlehnung an [www.stoma.de](http://www.stoma.de))

### 1.2.3.2 An- und Auflagerungsosteoplastik (Onlay-Graft)

Bei einem vertikalen Restknochenangebot von weniger als 6 mm in Verbindung mit einem interalveolaren Kieferabstand von 30 mm bis 40 mm und/oder bei unzureichender Kieferkambbreite ist die Indikation für eine An- bzw. Auflagerungsosteoplastik gegeben. Um eine ausreichende Primärstabilität eines Implantates zu gewährleisten, sollte zirkulär eine Knochenstärke von mindestens 1 mm peri-implantär gegeben sein (Psenicka 2009). Um z.B. ein Straumann-Implantat mit dem Durchmesser 4,1 mm inserieren zu können ist daher eine Breite des Kieferkammes von mindestens 6,1 mm nötig. Ist diese Mindest-Kieferkambbreite nicht gegeben, ist eine Anlagerung von Knochen zwingend erforderlich, um einen langfristigen Implantaterfolg zu gewährleisten (Neukam und Schultze-Mosgau 2004). Mittel der Wahl für den Aufbau eines atrophien Kiefers ist dabei meist ein autogenes, avaskuläres Knochentransplantat z.B. aus der Mentalregion, dem Kieferwinkel, der Tibia oder vom Beckenkamm (Crista iliaca). Voraussetzung für eine erfolgreiche Augmentation ist dabei die spaltfreie, bündige Anpassung des Knochenblocks an das Transplantatlager der Empfängerregion und insbesondere ein spannungsfreier dichter Wundverschluss. Das Transplantat wird mit Osteosynthese-Schrauben oder -Platten an der Unterlage für die Dauer einer Einheilzeit von circa 3-6 Monaten fixiert (Watzek und Mailath-Pokorny 2000, Terheyden und Sader 2003, Terpelle 2009, Baumgarten 2009, Schellekens 2009, Psenicka 2009). Da das freie

avaskuläre Transplantat bei der An- bzw. Auflagerungsosteoplastik initial nicht durchblutet ist, finden ausgeprägtere Resorptionen statt als bei Aufbaumethoden mit vaskularisierten Transplantaten, wie z.B. beim mikrovaskularisierten Knochen-  
transplantat. Für einen elektiven Eingriff wie dem Aufbau eines atrophen Kiefers wird meist nicht auf ein mikrovaskularisiertes Transplantat zurückgegriffen, da dieses mit einem weitaus höheren Operations-Aufwand und -Risiko verbunden ist. (Wang et al. 1976, Davis et al. 1999, Koberg 1985, Ewers 2008).

### 1.3 Voraussetzungen für eine Implantation

In der zahnärztlichen Implantologie bestimmt das knöchernen Angebot des Ober- bzw. Unterkiefers die Indikationsstellung für einen präimplantologischen Kieferkammaufbau. Mindestvoraussetzung für eine ortständige Implantation ohne zusätzliche augmentative Maßnahmen ist ein vertikales Restknochenangebot von 9-10 mm (Neukam et al. 2007, Ewers 2008). Um das Implantat sollte zirkulär eine knöchernen Mindestschichtstärke von 1 mm gewährleistet sein. Folglich ist eine Knochenbreite von mindestens 5,8 mm bzw. 6,1 mm bei Verwendung von Implantaten des Durchmessers 3,8 mm bzw. 4,1 mm nötig (Psenicka 2009). Im Unterkiefer-Seitenzahnbereich stellt der N. alveolaris inferior eine anatomische Begrenzung dar, zu der ein Sicherheitsabstand von mindestens 1-1,5 mm eingehalten werden muss (Watzek und Mailath-Pokorny 2000). Es kann daher im Seitenzahnbereich des Unterkiefers nicht die vollständige vertikale Knochenhöhe genutzt werden. Im Oberkiefer stellt eine solche anatomische Begrenzung die Kieferhöhle (Sinus maxillaris) dar. Bei einer Kieferkammhöhe von weniger als 9-10mm wird eine zusätzliche augmentative Maßnahme, wie z.B. eine Sinusbodenelevation, erforderlich (Ewers 2008).

Zu bedenken ist, dass mit abnehmender vertikaler Restknochenhöhe eine erhöhte Komplikationsrate und eine sinkende Erfolgsrate für Implantate einhergehen (Hermann 2009).

## 1.4 Osseointegration von Implantaten

Das Grundprinzip der Osseointegration von Implantaten wurde erstmals 1975 von P.I. Brånemark festgestellt und beschrieben. Er definierte diesen Vorgang als „direkte strukturelle und funktionelle Verbindung zwischen geordnetem, lebenden Knochen und der Oberfläche eines belasteten Implantats“ (Brånemark et al. 1977). Es handelt sich dabei um die Inkorporation einer nicht biologischen Komponente in das menschliche Skelett, mit der Fähigkeit zur funktionellen endo- und exoprothetischen Belastbarkeit (Watzek und Mailath-Pokorny 2000, Schwarz und Becker 2007). Kennzeichnend für diesen Verbund ist bei der klinischen Untersuchung ein typischer heller „harter“ Klopfeschall, im Gegensatz zum gedämpften weicheren Klopfeschall eines nicht knöchern integrierten Implantates. Osseointegration bezeichnet jedoch nicht einen statischen Endzustand der Implantat-Einheilung. Es handelt sich dabei um einen kontinuierlichen dynamischen Prozess des periimplantären Knochens, der durch Remodelling- und Knochenneubildungsprozesse ähnlich wie beim natürlichen Zahn gekennzeichnet ist. Die Implantat-Einheilung verläuft ähnlich der Defektheilung des Knochens nach einer Zahnextraktion. Nach Implantat-Insertion organisiert sich das periimplantäre Blutkoagulum zu Granulationsgewebe. Etwa in der zweiten Woche bildet sich daraus ein Geflecht-knochenkallus um das Implantat herum. Der Geflechtknochen unterliegt in der folgenden Zeit starken Umbau- und Sklerosierungsvorgängen, wodurch zunehmend lamelläre Knochenstrukturen entstehen. Nach Implantat-Insertion kommt es durch funktionelle Belastung zu Reifungs- und Anpassungsvorgängen des periimplantären Gewebes, die etwa ein Jahr andauern. Eine Grundvoraussetzung für die Osseointegration eines Implantates ist dabei, dass keine anhaltende Fremdkörperreaktion des Patienten gegenüber der nicht biologischen Komponente stattfindet. Zudem darf, um die Bildung von reifem strukturiertem Knochen um das Implantat zu garantieren, eine physiologische Knochenbelastung nicht überschritten werden (Watzek und Mailath-Pokorny 2000, Schwarz und Becker 2007, Ewers 2008). Da Mikrobewegungen während der Einheildauer die knöchernen Einheilung des Implantats verhindern können, wird im Allgemeinen eine unbelastete Einheildauer



im Unterkiefer von etwa 3 Monaten und im Oberkiefer von etwa 6 Monaten gefordert (Neukam und Esser 2000).

## 1.5 Röntgendiagnostik in der Implantologie

Das Orthopantomogramm (OPT), auch Panoramaschichtaufnahme (PSA) genannt, ist ein extraorales Aufnahmeverfahren in der Röntgendiagnostik. Die Knochenhöhe insbesondere der Alveolarfortsätze wird dabei mit einer hohen Sensitivität dargestellt. Es wird daher in der Implantat-Chirurgie als Standardaufnahme eingesetzt. Neben der präimplantären Ausmessung des vertikalen Knochenniveaus und einer postoperativen Überprüfung der Implantatstellung und -integration werden dabei mit einer hohen Spezifität Nachbarstrukturen (N. mandibularis, Nachbarzähne, Kieferhöhlen) wiedergegeben. In der Regel sind der Verlauf des Canalis mandibulae und die knöchernen Begrenzungen des Sinus maxillaris und des Cavum nasi gut dargestellt. Diese Strukturen stellen anatomische Begrenzungen für eine Implantat-Insertion dar. Durch eine präoperative Abklärung dieser Begrenzungen kann möglichen Komplikationen bei der Insertion vorgebeugt werden (Neukam und Esser 2000).

Für Implantationen mit vorausgehendem Kieferkammaufbau werden mehrere Übersichtsaufnahmen benötigt. Vor den chirurgischen Eingriffen wird eine Röntgenaufnahme gefertigt, die Aufschluss über Knochenqualität und -quantität des Patienten gibt. Zudem wird das vertikale Knochenniveau bestimmt, das für die Indikationsstellung eines präimplantologischen Kieferkammaufbaus entscheidend ist. Zur Beurteilung des Knochenaufbaus wird nach der Augmentation ein postoperatives Kontrollröntgenbild angefertigt. Vor der Implantat-Insertion wird eine Aufnahme angefertigt, um die genaue Implantatposition mittels Bohrschablonen zu bestimmen. Hierbei werden auch die Einheilung des Transplantats, sowie der Höhenverlust, der bis zu diesem Zeitpunkt stattgefunden hat überprüft. Um das Operationsergebnis in Bezug auf Insertionstiefe und Stellung der Implantate zu dokumentieren, empfiehlt es sich eine Kontroll-Aufnahme nach Implantat-Setzung anzufertigen (Behneke et al. 1992, Jansen et al. 1993, Axmann et al. 1995). Die

Erstellung von Nachsorge-Röntgenbildern zur Kontrolle der Osseointegration und Überprüfung des vertikalen periimplantären Knochenniveaus am jeweiligen Implantat empfiehlt sich im jährlichen Abstand. Sofern im Zeitraum von 5 Jahren keine Komplikationen aufgetreten sind, genügt die Anfertigung von Nachsorgeröntgenbildern in Abständen von 2 oder mehr Jahren (Jahn und D`Hoedt 1992, Axmann et al. 1995).

Das vertikale periimplantäre Knochenniveau sowie der Zustand der ossären Integration von Implantaten werden dabei von einer dreidimensionalen Geometrie mittels Röntgenstrahlen auf eine zweidimensionale Abbildung projiziert (Axmann et al. 1995, Behneke und Behneke 1999). Es ist daher nur möglich den Knochenabbau, aber auch den Wiederaufbau mittels Knochentransplantaten in vertikaler Dimensionierung zu bestimmen. Durch die Überlagerungen von Knochenverschattung und Implantatverschattung auf der Orthopantomographie (OPT) werden das vestibuläre sowie das palatinale bzw. linguale periimplantäre Knochenniveau nicht dargestellt. Es kann daher nur das mesiale und distale Knochenniveau am Implantat gemessen werden (Axmann et al. 1995, Behneke und Behneke 2004).

Auf Grund des großen Objekt-Film-Abstandes bei der Panoramaschichtaufnahme werden die Strukturen vergrößert abgebildet. Der Vergrößerungsfaktor einer Panoramaschichtaufnahme liegt je nach Gerätetyp zwischen 1,2-1,5. Maßgeblich wird der Abbildungsmaßstab dabei von der Lage des Objektes und seiner Entfernung zum Filmträger beeinflusst und ist an jedem Röntgenbild individuell zu überprüfen (Spitzer und Rücker 2000).

In jüngster Zeit finden zunehmend dreidimensionale, bildgebende Verfahren (Computertomographie (CT), digitale Volumentomographie (DVT)) Verwendung, wobei verstärkt das DVT, auf Grund der geringeren Strahlenbelastung, in der Implantologie zum Einsatz kommt. Der Vorteil der dreidimensionalen Darstellung der knöchernen Strukturen muss dabei gegen die erhöhte Röntgenstrahlenexposition abgewogen werden. Da die vorliegenden Daten zu einer Zeit (im Zeitraum von 2001-2008) erhoben wurden, in der dreidimensionale, bildgebende Verfahren nicht standardmäßig sondern lediglich in speziellen Ausnahmefällen eingesetzt wurden, wird im Weiteren nicht näher darauf eingegangen.

## 1.6 Mögliche Komplikationen bei einer Implantat-Insertion mit prä-implantologischem Kieferkammaufbau

### 1.6.1 Komplikationen bei der Augmentation

Die Volumenzunahme des augmentierten Alveolarfortsatzes erschwert oft einen spannungsfreien und speicheldichten Wundverschluss, weshalb eine ausreichende Mobilisierung des Weichgewebes, z.B. durch eine Periostschlitzung, zwingend erforderlich ist. Nahtdehiszenzen sind oft die Folge eines unter Spannung stehenden Wundverschlusses bei unzureichender Mobilisierung des Lappens (Zöller et al. 2007). Eine Folge solcher Wundheilungsstörungen ist oft die Exposition eines avaskulären Knochentransplantats zur Mundhöhle, was eine bakterielle Superinfektion des transplantierten Knochens nach sich ziehen kann. Dadurch kann der aufgelagerte Knochen teilweise verloren gehen oder sogar im ungünstigsten Fall ein Totalverlust resultieren (Schliephake und Berding 1998, Zöller et al. 2007). Ein weiterer Risikofaktor, der sich dabei negativ auf die Wundheilung auswirkt, ist ein mittlerer (10-19 Zigaretten pro Tag) bis hoher (>20 Zigaretten pro Tag) Nikotinabusus (Tonetti und Lang 2009). Die Grundvoraussetzung für die Einheilung eines Knochenaugmentats ist eine mechanische Ruhigstellung während der Einheilzeit. Eine zu hohe Belastung oder eine unzureichende Ruhigstellung des Operationsgebietes führen zu einer Unterbrechung der Knochenheilung und zur Ausbildung fibroblastähnlicher Zellformationen um das Transplantat herum. Anstelle einer Knochenneubildung zwischen Augmentat und Transplantatempfängerregion kommt es zur Ausbildung einer bindegewebigen Zwischenschicht. Diese Art der bindegewebigen Augmentat-Einheilung muss als Transplantat-Verlust gewertet werden (Zöller et al. 2007).

Speziell bei freien autogenen Knochentransplantaten können extreme Resorptionen beobachtet werden, die nach sechs Monaten bereits einen Verlust von 30% des aufgelagerten Knochens ausmachen können (Widmark et al. 1997, Esser et al. 1999, Araujo et al. 2002, Zöller et al. 2007). Sbordone und Mitarbeiter (2009) berichten sogar von einem mittleren Höhenverlust von 35-51% ein Jahr nach dem Kieferkammaufbau mit freien Beckenkammtransplantaten. Der spongiöse Bereich

von Knochen-Augmentaten ist dabei von besonders starken Resorptionen betroffen (Goldberg und Stevenson 1987, Ewers 2008). Als zusätzlich verstärkende Faktoren gelten Schleimhaut-Dehiszenzen mit lokalen Durchblutungsstörungen, ein Nikotienabusus, Allgemeinerkrankungen oder Dauermedikationen, welche den Stoffwechsel, die lokale Durchblutung oder die Wundheilung beeinflussen (Wang et al. 1976, Shelton 1977, Koberg 1985, Davis et al. 1999, Ewers 2008).

### 1.6.2 Komplikationen an inserierten Implantaten

Krauser teilte 1989 die verschiedenen pathologischen Prozesse an Implantaten in vier verschiedene Stadien ein. Implantate werden dabei als „ailing“ beschrieben, wenn entzündliche Veränderungen der periimplantären Mukosa ohne Beteiligung des knöchernen Attachments vorliegen. Ein Übergreifen der periimplantären Entzündung auf den Knochen (Periimplantitis) hat einen zunehmenden Knochenverlust um das Implantat herum zur Folge („failing implant“), welcher in einer vollständigen Lockerung des Implantates enden kann. Ein solches Implantat muss als Verlust gewertet werden („failed implant“). Als „failed“ wird außerdem ein Implantat bezeichnet, das auf Grund fehlender Osseointegration nicht primärstabil einheilt (Esposito et al. 1998).

Die vollständig reversible periimplantäre Mukositis („ailing implant“) ist eine der Gingivitis vergleichbare Erkrankung der periimplantären Weichgewebemanschette. Es kommt dabei zur Ausbildung eines entzündlichen Infiltrates lateral des Saumepithels und zu dessen apikaler Migration, jedoch ohne Beteiligung des periimplantären Knochens (Mombelli 1998). Entscheidungskriterien zur Differenzierung zwischen einem gesunden („healthy“) und einem erkrankten („ailing“) Implantat sind Sondierungswerte  $\geq 5\text{mm}$ , Suppuration sowie ein Sondierungsblutungswert nach Mombelli (Mombelli und Lang 1994).

Das weitere Fortschreiten der Plaqueakkumulation in subgingivale Bereiche und damit das Übergreifen der Entzündung auf den periimplantären Knochen führt zur Entwicklung einer manifesten Periimplantitis („failing implant“) aus einer zuvor bestehenden periimplantären Mukositis (Salvi et al. 2008). Anders als beim natürlichen Parodontium verfügt der periimplantäre Weichgewebeabschluss an der

Implantatoberfläche nicht über eine direkte Faserinsertion (Berglundh et al. 1994). Eine bakterielle Penetration der periimplantären Weichgewebemanschette führt daher zu einer schnelleren Stützgewebedestruktion als es bei natürlichen Zähnen der Fall ist (Lindhe et al. 1992).

Um eventuell notwendige Therapiemaßnahmen ergreifen zu können ist eine gründliche Diagnostik notwendig. Ein verlässliches diagnostisches Hilfsmittel zur Beurteilung der parodontalen Gesundheit und der Attachment-Verhältnisse stellen Sondierungsuntersuchungen dar. Aus klinischen Studien ergaben sich für erfolgreiche Implantate mit gesunden Schleimhautverhältnissen Sondierungswerte zwischen 1,5 mm und 3,8 mm (Cox und Zarb 1987, Buser et al. 1989, Behneke und Behneke 1999). Entzündliche Veränderungen des Gewebes, induziert durch eine erhöhte Plaqueakkumulation, sind mit einem Anstieg der klinisch messbaren Sondierungstiefen und einer klinisch erkennbaren erhöhten Sulkusblutungsneigung („Bleeding on Probing“, BOP) verbunden (Mombelli 1998, Lekholm et al. 1999, Mombelli et al. 2000, Behneke und Behneke 2004). Auch eine erhöhte Sulkusfluid-Fließrate (Suppuration) gibt Rückschlüsse auf die Bildung eines lokalen entzündlichen Infiltrates im periimplantären Bindegewebe. Pusentleerung aus dem periimplantären Sulkusbereich ist bereits ein starker Indikator für eine fortgeschrittene Periimplantitis (Mombelli 1998). Da künstliche Pfeiler klinisch so lange stabil bleiben wie ihr basaler Anteil eine feste Verbindung zum umgebenden Knochengewebe aufweist sagt die Immobilität eines Implantates nichts über den Grad der Knochenverankerung aus und kann daher nicht als Parameter zur Frühdiagnostik periimplantärer Abbauvorgänge dienen. Das Auftreten von Mobilität im Verlauf der Implantat-Nachsorge ist als Symptom des Endstadiums einer periimplantären Erkrankung oder als Zeichen für eine fehlende Osseointegration mit zumeist bindegewebiger Einscheidung des Implantats anzusehen (Mombelli und Lang 1994, Mombelli 1998, Behneke und Behneke 2004). Auskultatorisch lässt sich der Zustand eines Implantates mit Hilfe des Klopfeschalles beurteilen (Smith und Abramson 1974). Osseointegrierte Implantate ergeben aufgrund der geringeren Dämpfung einen eindeutig hellen Klopfeschall. Bindegewebig eingeschlossene Implantate sind durch eine dumpfe Resonanz charakterisiert (Behneke und

Behneke 2004). Eine ausbleibende Osseointegration, ein gelockertes Implantat oder eine fortschreitende therapieresistente Periimplantitis sind häufige Gründe für den Verlust eines Implantates („failed implant“) (Esposito et al. 1998).

Anhand von Röntgenbildern lassen sich mit einer hohen Spezifität der Verlauf des periimplantären Knochenniveaus sowie der Zustand der ossären Integration am Implantat darstellen. Die Röntgendiagnostik stellt somit einen wesentlichen Parameter zur Bewertung des Implantat-Erfolges und der Frühdiagnostik periimplantärer Entzündungen dar (Brägger et al. 1996, Behneke und Behneke 2004).

## 1.7 Fragestellung der Arbeit

Der Wunsch nach feststehendem Zahnersatz hat in den letzten Jahrzehnten in der Bevölkerung weiter zugenommen. Oft ist jedoch nicht genug Knochen vorhanden um ein Implantat setzen zu können, weshalb in den letzten Jahrzehnten verstärkt auf dem Gebiet des Kieferkammaufbaus geforscht wurde. In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Ludwig-Maximilians-Universität München stellt das avaskuläre autogene Knochentransplantat bis heute das Mittel der Wahl zur Rekonstruktion des stark atrophierten Ober- oder Unterkiefers dar. Auf Grund seiner osteogenetischen und osteoinduktiven Fähigkeiten zeigt es sehr gute Einheilungseigenschaften. Die teilweise starken Höhenverluste am augmentierten Knochen während der Einheilzeit des Transplantates führen jedoch immer wieder zu kontroversen Diskussionen um dieses Aufbaumaterial.

Ziel dieser Untersuchung ist es den physiologischen, nicht entzündlich bedingten Höhenverlust am zur Augmentation eingesetzten Beckenkammknochens im Ober- bzw. Unterkiefer retrospektiv zu eruieren. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf den stattgefundenen Höhenverlust am auf-, bzw. eingelagerten Knochentransplantat im Verlauf vom Zeitpunkt der Augmentation bis zur Implantation gelegt. Ferner wurden dabei auch der Implantations-Erfolg und damit die Überlebensrate der im Beckenkammknochen inserierten Implantate untersucht. In diesem Zusammenhang sollte auch geklärt werden welche Faktoren Einfluss auf den Höhenverlust am augmentierten Knochen ausüben.

## 2 Patienten und Methoden

### 2.1 Patienten

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden Patienten im Zeitraum von Januar 2001 bis Dezember 2008 untersucht, bei denen auf Grund einer ausgeprägten Oberkiefer- und/ oder Unterkiefer-Alveolarkammatrophy, in der Klinik und Poliklinik der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Ludwig-Maximilians-Universität München, vor der Implantat-Insertion ein Kieferkammaufbau vorgenommen werden musste. Es wurden nur Patienten in die Studie aufgenommen, bei denen der Knochenaufbau des Ober- und/ oder Unterkiefers durch kortikospongiöse Beckenkammtransplantate und/ oder Spongiosa aus der Crista iliaca erfolgt war. Der Knochenaufbau erfolgte dabei entweder durch eine offene Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik, eine Auflagerung bzw. An- und Auflagerung von Knochen an den Kieferkamm oder durch eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsplastik in Kombination mit einer Auf- bzw. Anlagerungsplastik von autogenem Knochen. Voraussetzung war dabei, dass der transplantierte Knochen in vertikaler bzw. vertikaler und horizontaler Richtung aufgelagert wurde, um dessen vertikale Höhe dann röntgenologisch auswerten zu können. Die Implantate wurden bei den nachuntersuchten Patienten nach einer Einheilzeit des Knochentransplantates in einem zweiten chirurgischen Eingriff gesetzt. Die durchschnittliche Einheilzeit betrug dabei 4,9 Monate, wobei die kürzeste Einheilzeit 3 Monate und die längste mehr als 8 Monate betrug. In die Auswertung wurden nur Patienten aufgenommen, die über eine vollständige röntgenologische und klinische Dokumentation verfügten. Die Beurteilung der Knochenhöhe erfolgte mittels Orthopantomogrammen (OPT). Für die röntgenologische Auswertung mussten folgende Röntgenbilder (OPTs) der Patienten vorliegen: ein Röntgenbild der Ausgangssituation des Alveolarkammes, ein Röntgenbild nach Aufbau des Alveolarkammes mit autogenem Knochen und jeweils ein Verlaufs-Röntgenbild vor und nach der chirurgischen Implantat-Insertion.

Ausgeschlossen aus der Studie wurden Patienten mit reduzierter Knochenhöhe, die durch eine geschlossene Sinusbodenelevation implantologisch versorgt werden konnten, und Patienten, die in einem chirurgischen Eingriff simultan zum

Kieferkammaufbau die Implantate inseriert bekamen (primäre Implantation). Des Weiteren wurden Patienten, bei denen im Rahmen einer Tumorsektion oder auf Grund einer Lippen-Kiefer-Gaumenspalte ein Knochenaufbau indiziert war, nicht in die Studie mit einbezogen. Auch Patienten, deren Kieferkamm durch eine reine Anlagerungsosteoplastik lediglich in horizontaler Richtung verbreitert worden war, wurden nicht in die Studie mit einbezogen.

Es ergab sich ein Patientenkollektiv von insgesamt 61 Patienten, deren Daten in der Studie retrospektiv ausgewertet werden konnten. Diese Patienten wiesen eine ausgeprägte Ober- und/oder Unterkiefer-Alveolarfortsatzatrophie auf, mit nicht ausreichender Restknochenhöhe für eine optimale Implantat-Positionierung oder für die gewünschte Implantatlänge.

Zur Indikationsstellung für einen präimplantologischen Kieferkammaufbau wurde nach klinischer Voruntersuchung der Patienten auch eine röntgenologische Befundung des Patientenkiefers durch ein Ausgangsröntgenbild durchgeführt. Nach der chirurgischen Knochenauflagerung wurde dann ein postaugmentatives Kontrollröntgenbild (OPT) gefertigt, um den Operationserfolg zu überprüfen und zu dokumentieren. Vor der Implantation wurde eine präimplantologische Aufnahme (OPT) gefertigt, um die genaue Implantatposition mittels Bohrschablonen zu bestimmen. Hierbei wurden auch das Einwachsen sowie die Höhe des Knochentransplantats überprüft. Zur Kontrolle der Implantatposition wurde ein postimplantologisches Kontrollbild (OPT) angefertigt. Während der Einheilzeit des Knochenaugmentats und auch nach der Implantation wurden die Patienten einer engmaschigen Nachkontrolle unterzogen. Während dieses Recall-Programmes wurden im Rahmen einer ausführlichen klinischen Untersuchung die Wundverhältnisse überprüft um ggf. auftretende Komplikationen (z.B. Wunddehiszenzen, Hypästhesien der Gesichtshaut, entzündliche Reaktionen) zu kontrollieren und zu dokumentieren. Zusätzlich wurden Röntgenaufnahmen (OPT) zur Verlaufskontrolle der Transplantat- bzw. Implantateinheilung angefertigt.

### 2.1.1 Einteilung des Patientenkollektivs in Studiengruppen

Um eine vergleichende retrospektive Auswertung zu ermöglichen, wurde das Patientenkontingent in drei Studiengruppen unterteilt.



Studiengruppe I (SG I) beinhaltet alle Patienten, die eine ausreichende Breite, aber deutlich reduzierte Höhe des Alveolarkamms im Oberkiefer-Seitenzahnbereich aufwiesen. Hier wurde der Kieferkamm durch eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik von autogenem Beckenknochen aufgebaut. Die Gruppengröße betrug 5 Patienten (4 Frauen, 1 Mann) im Alter zwischen 37-66 Jahren, mit einem 95% Konfidenzintervall [KI] von 47,6 bis 62,4 Jahren. Das Durchschnittsalter lag bei 55 Jahren. Bei dieser Patientengruppe wurden insgesamt 5 Regionen im Oberkiefer-Seitenzahnbereich augmentiert. Hier wurden später insgesamt 12 Implantate gesetzt.

Zu Studiengruppe II (SG II) wurden Patienten mit einem in der Höhe und Breite unzureichendem Kochenangebot im Oberkiefer-Seitenzahnbereich zusammengefasst. Bei diesen Patienten wurde der atrophe Kieferkamm durch eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerung von Knochen in Kombination mit einer zusätzlichen Auf- bzw. An- und Auflagerung von Knochen augmentiert.

Bei den Patienten der Studiengruppe III (SG III) lag eine unzureichende Kieferkammhöhe und -breite des Ober- und/oder Unterkiefers vor, woraufhin autogener Beckenknochen im Rahmen einer Auf- oder An- und Auflagerungsosteoplastik an den Kiefer auf- bzw. angelagert wurde.

7 der insgesamt 61 Patienten sind gleichzeitig in der Studiengruppe II und III vertreten, da bei diesen Patienten an mehreren Regionen der Kieferkamm aufgebaut worden war. Beispielsweise wurde im Unterkiefer eine reine Knochenauflagerungsosteoplastik durchgeführt (SG III) während der Oberkiefer mittels kombinierter Knochenauflagerungsosteoplastik mit gleichzeitiger Einlagerungsosteoplastik von Knochen in die Kieferhöhle (SG II) augmentiert wurde. Nur die Implantate, die bei diesen 7 Patienten auf eine Kieferkammregion mit vorausgehender externer Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit einer An- bzw. Auflagerungsosteoplastik (SGII) gesetzt wurden, zählen dabei zu Studiengruppe II. Die Implantate, die bei diesen 7 Patienten auf Kieferkammregionen mit vorausgehender alleiniger An- bzw. Auflagerungsosteoplastik (SG III) inseriert wurden (9 Implantate im Unterkiefer, 17 Implantate im Oberkiefer-Frontzahnbereich), werden zu Studiengruppe III gezählt. Dementsprechend wurde auch bei den Augmentat-Regionen vorgegangen. Somit erklärt sich die in der Summe beider Studiengruppen

scheinbar höhere Patientenzahl, verglichen mit dem Gesamtkollektiv von 61 Patienten.

In Studiengruppe III sind 38 Patienten (21 Frauen, 17 Männer) im Durchschnittsalter von 46,3 Jahren mit einem 95% Konfidenzintervall [KI] von 42,2 bis 49,9 Jahren zusammengefasst. In dieser Gruppe erfolgte ein Kieferkammaufbau an insgesamt 56 Regionen. Dabei wurden 35 Knochenaugmentate an Oberkieferregionen und 21 an Unterkieferregionen angelagert. Hier wurden insgesamt 137 Implantate bei den 38 Patienten dieser Gruppe gesetzt (84 Implantate im OK/ 53 im UK).

Studiengruppe II beinhaltet 25 Patienten (17 Frauen und 8 Männer) im Alter von durchschnittlich 53,1 Jahren mit einem 95% Konfidenzintervall [KI] von 42,5 bis 63,6 Jahren. Bei diesen 25 Patienten wurde an insgesamt 34 Regionen im Oberkiefer-Seitenzahnbereich augmentiert. In dieser Gruppe wurden später insgesamt 66 Implantate inseriert.

Tabelle 2 (S. 23) gliedert das Patientenkollektiv nach den Studiengruppen I-III. Das Verhältnis männlicher zu weiblicher Patienten innerhalb der Studiengruppen sowie das durchschnittliche Patientenalter mit dem dazugehörigen 95% Konfidenzintervall [KI] sind aus der Tabelle ersichtlich. Zudem ist die Anzahl der augmentierten Regionen und der später gesetzten Implantate in der jeweiligen Studiengruppe angegeben.

	N Patienten	N Weibl.	N Männl.	N augmentierte Regionen	N Implantate	Durchschnittsalter (Jahre) [95% KI]
Gesamtkollektiv	61	38	23	95	215	49,1 [41,8-56,3]
Patienten mit OK-Alveolarkammatrophie bei ausreichender Kieferkambbreite:						
Studiengruppe I (externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik)	5	4	1	5	12	55 Jahre [47,6; 62,4]
Patienten mit OK-Alveolarkammatrophie im Seitenzahnbereich bei unzureichender Kieferkambbreite und -höhe:						
Studiengruppe II (ext. Sinusbodenelevation + Ein-, Auf- und Anlagerungsosteoplastik)	25	17	8	34	66	53,1 Jahre [42,5; 63,6]
Patienten mit OK/UK-Alveolarkammatrophie bei unzureichender Kieferkambbreite und -höhe:						
Studiengruppe III (Auf- bzw. An- und Anlagerungsosteoplastik)	38	21	17	56	137	46,3 Jahre [42,2; 49,9]

Tabelle 2. Einteilung des Patientenkollektivs in Studiengruppen nach der jeweiligen Operations-Methode

### 2.1.2 Therapiemethode

In Abbildung 3 (S. 24) ist die Anzahl der Regionen dargestellt, an denen ein Kieferkammaufbau durchgeführt wurde. Dabei wurde zwischen den einzelnen Augmentationsformen unterschieden. Eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerung von autogenem Beckenknochen zwischen Kieferhöhlenboden und Kieferhöhlenschleimhaut wurde bei 5 Patienten (4 Frauen/ 1 Mann) an insgesamt 5 Regionen durchgeführt. Bei 38 Patienten (21 Frauen/ 17 Männer) wurde der Kieferkamm an 56 Regionen durch eine Auf- bzw. Auf- und Anlagerungsosteoplastik als alleinige Maßnahme aufgebaut. Die Kombination aus externer Sinusbodenelevation mit Ein-, Auf- und/ oder Anlagerungsosteoplastik wurde bei 25 Patienten (17 Frauen/ 8 Männer) an 34 Regionen angewandt.

## Operationsmethode

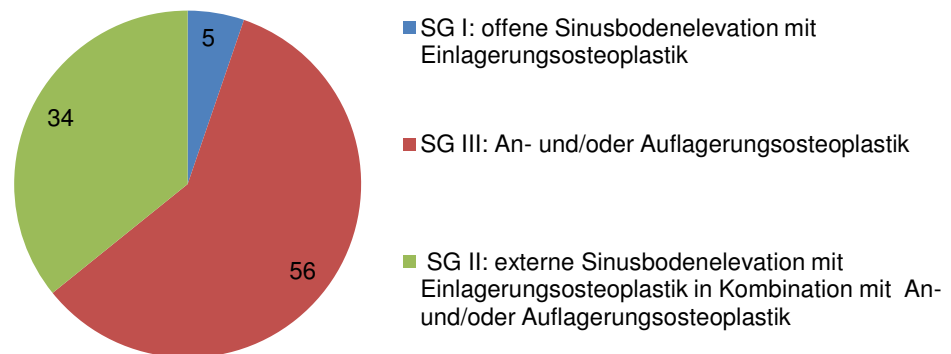


Abbildung 3. Art des Kieferkammaufbaus bezogen auf die Anzahl der augmentierten Regionen in den einzelnen Studiengruppen (SG)

## 2.2 Methoden

### 2.2.1 Patientendatenerfassung

Für die statistische Auswertung der Patientendaten wurde eine EXCEL-Datenbank in Microsoft Office Excel 2007 angelegt. Diese umfasst Patientendaten die aus den Klinikakten entnommen werden konnten:

- Allgemeine Patientendaten (Alter, Geschlecht)
- Therapiemethode
- Operationsregion
- Daten zu den Operationszeitpunkten der Kieferkammaugmentation sowie der Implantation
- verwendete Implantat-Typen
- ggf. aufgetretene Komplikationen
- Faktoren die sich auf den Operationserfolg auswirken können (Rauchverhalten, parodontale Vorbelastung)

### 2.2.2 Auswertungsmethodik der Orthopantomogramme

#### 2.2.2.1 Röntgenologische Dokumentation

Bei allen Patienten wurden im Rahmen der Behandlung konventionelle Röntgenaufnahmen angefertigt. In der vorliegenden Studie wurden dabei ausschließlich die Panoramaschichtaufnahmen (Orthopantomogramme, OPT) herangezogen und ausgewertet. Um den horizontalen Knochenaufbau bzw. -abbau untersuchen zu können, müsste eine dreidimensionale Röntgendiagnostik (CT, DVT)

herangezogen werden. Eine solche liegt jedoch lediglich bei einzelnen Patienten vor. Daher wird in dieser Arbeit nur auf die vertikalen Knochenhöhen eingegangen, die anhand von zweidimensionaler Röntgendiagnostik (OPT) beurteilbar sind.

Im Rahmen einer Implantation mit vorausgehendem Kieferkammaufbau wurden bei den nachuntersuchten Patienten vier Übersichtsaufnahmen angefertigt (initiale Aufnahme, Operationskontrolle nach Knochenaugmentation sowie vor und nach Implantat-Insertion). Anhand dieser Röntgenbilder konnte retrospektiv die vertikale Knochenhöhe der Operations-Region im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) für jeden Patienten bewertet und ausgemessen werden (siehe 2.2.2.2 und 2.2.2.3).

#### 2.2.2.2 Messmethodik

Die Vermessung der Röntgenbilder erfolgte mittels eines Lineals. Dabei wurde die Ausdehnung des Alveolarkamms in vertikaler Richtung ausgemessen. Im Oberkiefer-Seitenzahnbereich stellt der Kieferhöhlenboden, im Frontzahnbereich der Nasenhöhlenboden einen begrenzenden Faktor für die Auswahl der Implantatlänge dar. Im Unterkiefer-Seitenzahngebiet stellt der Kanal des Nervus alveolaris inferior, der innerhalb des Unterkiefer-Korpus verläuft, die kaudale Begrenzung für eine Implantat-Insertion dar (siehe Abbildung 4, S.26). Im Unterkiefer wurden die Knochenhöhen im Seitenzahnbereich von der Begrenzung kranial des Nervenkanals aus gemessen. Im Frontzahnbereich ist keine Begrenzung durch einen Nervenverlauf gegeben. Hier kann die gesamte vertikale Knochenhöhe für eine Implantat-Insertion genutzt werden. In dieser Region wurde daher als kaudaler Messpunkt der Unterkieferrand genommen.

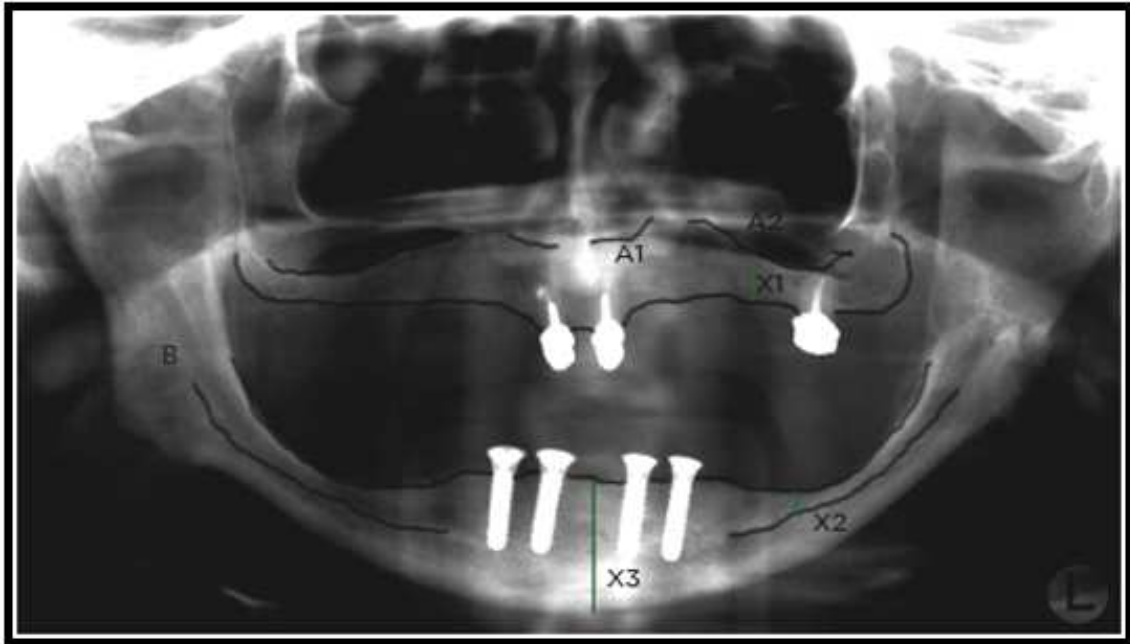


Abbildung 4. Begrenzungslinien für eine Implantation

( A1: Nasenhöhlenboden; A2: Kieferhöhlenboden; B: Canalis mandibularis; X1: OK vertikale Knochenhöhe; X2: UK-Seitenzahn vertikale Knochenhöhe; X3: UK-Frontzahn vertikale Knochenhöhe)

Gemessen wurde die vertikale Knochenhöhe des Kieferkammes jeweils mesial und distal an der später geplanten Implantat-Position, in der jeweiligen prä- bzw. postoperativen röntgenologischen Aufnahme. Es wurden dabei nur Messstellen in die röntgenologische Auswertung miteinbezogen, an denen in vertikaler Richtung Knochen auf- bzw. eingebaut worden war. Wurde ein Implantat nur mit einer Seite (mesial oder distal) in den augmentierten Knochen inseriert, so ging nur der eine Messwert in die Auswertung mit ein. Implantat-Regionen, bei denen im Verlauf der Augmentat-Einheilung Schleimhaut-Dehiszenzen mit entzündlich bedingten pathologisch verstärkten Resorptionen auftraten, sowie Regionen, die eine zusätzliche lokale Knochenauflagerung während der Implantat-Insertion benötigten, wurden nicht in die weitere Auswertung eingeschlossen. Insgesamt konnten im Gesamtpatientenkollektiv der 61 Patienten 327 Messwerte pro röntgenologischen Kontrollzeitpunkt (Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Diagnose, Knochenhöhe nach Augmentation, Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation) ausgewertet werden.

In Studiengruppe I wurde an insgesamt 5 Regionen augmentiert, wobei 24 Messwerte pro röntgenologischen Kontrollzeitpunkt erhoben werden konnten. In Studiengruppe II wurden bei den 34 augmentierten Regionen 120 Messwerte zum

jeweiligen röntgenologischen Kontrollzeitpunkt dokumentiert. Bei den 56 augmentierten Regionen der Studiengruppe III konnten pro röntgenologischen Kontrollzeitpunkt insgesamt 183 Messwerte festgehalten werden (siehe Tabelle 3).

	N Patienten	N augmentierte Regionen	N Messstellen	N gesetzte Implantate
Studiengruppe I	5	5	24	12
Studiengruppe II	25	34	120	66
Studiengruppe III	38	56	183	137

Tabelle 3 . Anzahl der Messstellen an den augmentierten Regionen in den einzelnen Studiengruppen

Anhand dieser 327 Messstellen wurde der quantitative Knochenabbau am transplantierten Knochen in vertikaler Richtung ermittelt. Eine Ermittlung anhand von Röntgenbildern ist deshalb unerlässlich, da die Veränderung der Knochenmasse nicht direkt am Patienten gemessen werden kann. Bei der Auswertung der Röntgenbilder ergibt sich jedoch das Problem, dass solche Aufnahmen keine 1:1 Wiedergabe der tatsächlichen Verhältnisse darstellen. Der Vergrößerungsfaktor ist bei Panoramaschichtaufnahmen vom Fokus-Film-Abstand und von der Entfernung des abzubildenden Objekts vom Filmträger abhängig (Spitzer und Rücker 2000). Es muss daher eine Referenzgröße gefunden werden mit deren Hilfe man den Abbildungsmaßstab ermitteln kann. Als Referenzgröße wurde in dieser Arbeit z.B. die bekannte Implantat-Länge herangezogen. Damit ergibt sich ein weiteres Problem, da logischerweise bei Aufnahmen ohne Implantat (z.B. initiale Aufnahme, postaugmentative Aufnahme) keine Implantat-Länge vorliegt. Bei Röntgenaufnahmen ohne bekannte Implantatlänge wurde als Referenzgröße ein Nachbarzahn bzw. bei zahnlosen Kieferabschnitten ein Referenz-Zahn aus einem anderen Kieferquadranten (z.B. Gegenkiefer) genommen. Zur Ermittlung des Vergrößerungsfaktors sind deshalb zwei unterschiedliche Vorgehensweisen erforderlich:

#### Vorgehensweise A:

Sofern aus der Aufnahme die Implantat-Länge entnommen werden konnte (z.B. postimplantologische Kontrollaufnahme) wurde der Vergrößerungsfaktor wie folgt ermittelt:

Als Vergrößerungsfaktor (Vf) wird in dieser Arbeit das Verhältnis zwischen gemessener Implantat-Länge (ILg) und der bekannten Implantat-Länge (ILb) bezeichnet.

$$Vf = Ilg \div ILb \quad (\text{Beziehung I})$$

Die gemessenen vertikalen Knochenhöhen wurden im Nachhinein über den ermittelten Vergrößerungsfaktor in ihre tatsächlichen Werte umgerechnet.

Vorgehensweise B:

Sofern aus der Aufnahme die Implantat-Länge nicht entnommen werden konnte (z.B. initiale Aufnahme, postaugmentative Aufnahme) erfolgte die Ermittlung des Vergrößerungsfaktors in zwei Schritten:

1. Ermittlung der tatsächlichen Zahnlänge Z(t) über den Vergrößerungsfaktor (Vf) der postimplantologischen Kontrollaufnahme (siehe Beziehung I) und der gemessenen Zahnlänge Z(p) in der postimplantologischen Röntgenaufnahme.

$$Vf = Ilg \div ILb$$

$$Z(t) = Vf \times Z(p)$$

2. Berechnung des individuellen Vergrößerungsfaktors (VF) der Aufnahme ohne bekannte Implantat-Länge:

Z(d): gemessene Zahnlänge (Nachbarzahn, Zahn aus dem Gegenkiefer) in der Aufnahme ohne bekannte Implantat-Länge

Z(t): tatsächliche Zahnlänge

$$VF = Z(d) \div Z(t)$$

Dies war möglich, da alle untersuchten Patienten eine Restbezahnung aufwiesen.

Um die tatsächlichen Werte für die vertikalen Knochenhöhen bestimmen zu können, müssen bei beiden Vorgehensweisen (A und B) die gemessenen Werte durch den jeweiligen individuellen Vergrößerungsfaktor dividiert werden



### 2.2.2.3 Auswertungsmethoden

Nach Ermittlung der vertikalen Knochenhöhen wurden die gemessenen Werte in einer EXCEL-Datenbank mit Microsoft Office Excel 2007 dokumentiert. Festgehalten wurden dabei die einzelnen Messwerte der vertikalen Knochenhöhe zum jeweiligen Zeitpunkt der Kontrollröntgenaufnahme („vertikale Restknochenhöhe“ vor dem augmentativen Eingriff, die „erzielte Knochenhöhe nach Augmentation“ des Kieferkammes durch das jeweilige Knochentransplantat und die „vertikale Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation“). Die ermittelten Werte der vertikalen Knochenhöhen („Restknochenhöhe“, „erzielte Augmentationshöhe“, „vertikale Knochenhöhe bei Implantation“) und auch der daraus errechnete Höhenverlust (in Millimetern und in Prozent) am auf- bzw. eingebauten Knochentransplantat wurde bei jedem Patienten zu einem Durchschnittswert pro Augmentat-Region zusammengefasst.

Durch Subtraktion der gemessenen Werte der „Restknochenhöhe“ (RK) von den Werten der „erzielten Augmentationshöhe“ (E) konnte dann die vertikale Höhe des auf- bzw. eingelagerten Knochentransplantats (T) errechnet werden.

$$\text{➤ } T = E - RK$$

Die Differenz zwischen „erzielter Augmentationshöhe“ (E) und „vertikaler Kieferkammhöhe zum Zeitpunkt der Implantation“ (I) ließ Rückschlüsse auf den stattgefundenen vertikalen Knochenabbau (R(mm)) am auf- bzw. eingelagerten Beckenkammknochen-Transplantat in Millimetern zu. Zusätzlich wurde der jeweilige prozentuale Anteil des Höhenverlusts (R (%)) am Knochentransplantat berechnet.

$$\text{➤ } R (\text{mm}) = E - I$$

$$\text{➤ } R (\%) = [ R (\text{mm}) \times 100 ] \div T$$

Das Patientenkollektiv wurde in die in 2.1.1 beschriebenen Studiengruppen unterteilt um eine vergleichende retrospektive Auswertung zu ermöglichen. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden die einzelnen Messwerte der jeweiligen vertikalen Knochenhöhen zu jeweils einem Durchschnittswert pro Augmentatregion zusammengefasst. Die 327 Messstellen pro Kontrollzeitpunkt wurden zu insgesamt 95 augmentierten Regionen zusammengefasst. Diese ermittelten durchschnittlichen Werte der vertikalen Knochenhöhen zum jeweiligen

Röntgenkontrollzeitpunkt wurden tabellarisiert und graphisch dargestellt. Die graphische Auswertung erfolgte mit Microsoft Office 2007. Die ermittelten durchschnittlichen Werte für den stattgefundenen Höhenverlust (in Millimeter) am jeweiligen augmentierten Knochentransplantat wurden, bezogen auf die jeweilige Studiengruppe, mit Hilfe des Statistikprogramms STATA 9 (StataCorp 4905 Lakeway Drive College Station, Texas 77845 USA) verarbeitet und dann mit speziellen Testverfahren (Varianzanalyse, T-Test) nach Auffälligkeiten und Abhängigkeiten untersucht.

Mit Hilfe der deskriptiven Statistik wurden zunächst die Mittelwerte (Durchschnittswerte) des vertikalen Knochenniveaus zum jeweiligen Röntgenkontrollzeitpunkt innerhalb der einzelnen Studiengruppen miteinander verglichen. Dies geschah durch Darstellung der jeweiligen Mittelwerte mit der dazugehörigen Standardabweichung in Tabellen. Es wurden dabei auch die Mittelwerte für den jeweiligen Höhenverlust (in Millimetern und in Prozent) am auf- bzw. eingelagerten Knochen sowie die vertikale Höhe des auf- bzw. eingebrachten Knochenaugmentats angegeben.

Als mögliche Einflussparameter die sich auf den Abbau am auf- bzw. eingelagerten Knochenaugmentat auswirken können wurden das Patientengeschlecht, das Patientenalter, der Parodontalstatus vor der Augmentation, das Rauchverhalten, die Einheildauer der Knochenaugmentate, die vertikale Restknochenhöhe vor der Knochenauf- bzw. -einlagerung sowie die vertikale Höhe des auf- bzw. eingelagerten Beckenkammknochens untersucht. Mittels T-Test und Linearer Regression wurde überprüft ob die untersuchten Einflussparameter einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten Beckenkammknochen ausüben. Wenn der Einfluss eines dichotomen Einflussfaktors (z.B. Raucher im Vergleich zu Nichtrauchern) untersucht werden sollte, wurde ein T-Test durchgeführt. Zunächst wurde mit Hilfe eines Zwei-Stichproben-F-Tests (variance ratio test) überprüft, ob sich die Varianzen der Einflussparameter (hier z.B. Raucher bzw. Nichtraucher) signifikant unterscheiden. Bei einem signifikanten Unterschied ( $p < 0,05$ ) wurden die Mittelwerte der beiden Varianzen mit Hilfe eines T-Test für ungleiche Varianzen, sonst mit Hilfe eines T-Test für gleiche Varianzen miteinander verglichen.

Um den Einfluss von kontinuierlichen Variablen (Restknochenhöhe vor der Augmentation, Patientenalter, Einheildauer und vertikale Knochenhöhe des aufgebauten Beckenknochens, vertikale Höhe des Knochenblocks) auf den Höhenverlust am Knochentransplantat statistisch zu überprüfen, wurde eine Lineare Regression mit dem Höhenverlust (in Millimetern) als abhängige Variable und dem jeweiligen Einflussparameter als unabhängige Variable berechnet. Der dabei berechnete Regressions-Koeffizient (RK) gibt die Steigung der graphisch dargestellten Regressionsgeraden an. Ein positiver Wert bedeutet beispielsweise, dass große Werte der unabhängigen Variablen großen Werten der abhängigen Variablen entsprechen.

Bei der Beurteilung der Einheilzeit wurden zusätzlich die einzelnen Monate noch als dichotomisierter Parameter (Einheilzeit 3-4, 4-5, 5-6, >6 Monate) untersucht. Dabei wurden mehr als zwei Ausprägungen (Einheilzeit 3-4, 4-5, 5-6, >6 Monate) miteinander verglichen. Mittels Varianzanalyse wurde die Signifikanz getestet. Auch hier wurde, als Voraussetzung zur Durchführung dieses statistischen Tests, erst die Gleichheit der Varianzen geprüft. Dies geschah mittels eines Bartlett's Tests. Da die Varianzen hier gleich waren (Bartlett's Test  $p > 0,05$ ), wurde mit Hilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Ausprägungen bezüglich des Höhenverlustes gibt. Bei einem signifikantem Ergebnis ( $p < 0,05$ ) wurden die Mittelwert-Differenzen von jeweils zwei Ausprägungen (z.B. „3-4 Monate“ im Vergleich zu „>6 Monate“) mittels Post-Hoc-Bonferroni-Test miteinander verglichen.

Die durchgeführten Tests und die genauen Berechnungen der Mittelwerte und der Signifikanzen sind im Anhang (S. 77ff) angegeben. Für eine übersichtlichere Darstellung wurden die jeweiligen Mittelwerte und ihre Standardabweichung auf 2 Dezimalstellen gekürzt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Alter und Geschlecht der Patienten

In Abbildung 5 ist die Altersverteilung der Patienten hinsichtlich des Geschlechts dargestellt. Insgesamt wurde bei 9 Patienten (4 Frauen/ 5 Männer) unter 30 Jahren ein Kieferkammaufbau vor der Implantat-Insertion durchgeführt. An insgesamt 34 Patienten (25 Frauen/ 9 Männer) zwischen 30-60 Jahren waren augmentative Maßnahmen nötig. 18 Patienten (9 Frauen/ 9 Männer) über 60 Jahren erhielten eine Beckenkammauflagerung um ein stabiles Implantat-Lager zu schaffen.

Das Durchschnittsalter der 61 Patienten (38 Frauen/ 23 Männer) liegt bei 49,1 Jahren mit einer Standardabweichung von  $\pm 15,8$  Jahren ( $48,5 \pm 13,9$  Jahre bei den Frauen/  $50,1 \pm 18,9$  Jahre bei den Männern) in einem Intervallbereich von 17-81 Jahren.

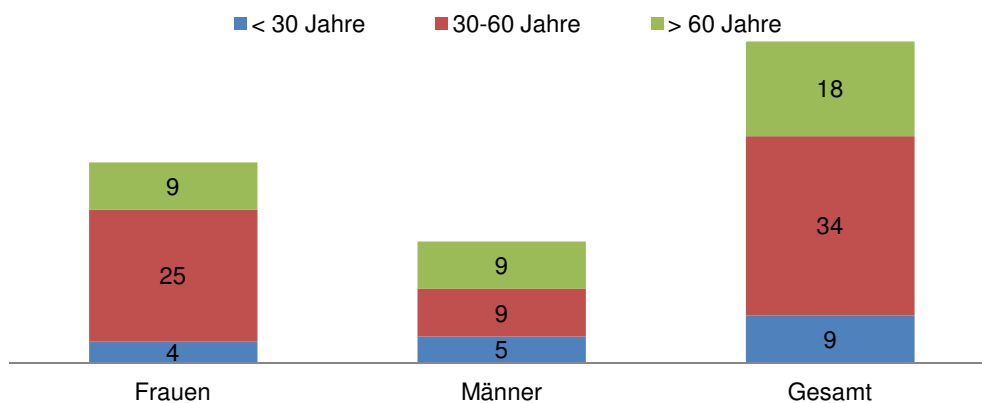


Abbildung 5. Altersverteilung im Patientenkollektiv

#### 3.2 Augmentierte Regionen

Um einen besseren Überblick über die Lokalisation der augmentierten Regionen zu gewinnen wurde bei den Kieferkammaufbauten zwischen dem Oberkiefer-Seitenzahnbereich (Region distal 13 bzw. 23), dem Oberkiefer-Frontzahnbereich (Region 13-23), dem Unterkiefer-Frontzahnbereich (Region 33-43) und dem Unterkiefer-Seitenzahnbereich (Region distal 33 bzw. 43) unterschieden. Da bei einigen Patienten in mehreren Kieferregionen zugleich ein Kieferkammaufbau

vorgenommen wurde, ist die Anzahl der augmentierten Regionen größer als die Anzahl an Patienten im Gesamtkollektiv. So wurden beispielsweise bei Patienten, deren zahnloser Oberkiefer komplett (von regio 17-27) durch Knochenauf- bzw. -einlagerung aufgebaut wurde, drei zu augmentierende Regionen verzeichnet (Oberkiefer-Frontzahnbereich und zweimal der Oberkiefer-Seitenzahnbereich).

Im Gesamtkollektiv der 61 Patienten wurde an insgesamt 95 Kieferregionen ein Knochenaufbau mit autogenem avaskulärem Eigenknochen vom Beckenkamm durchgeführt. Dabei wurden 74 Augmentate im Oberkiefer und 21 Augmentate im Unterkiefer eingebracht. Studiengruppe I umfasst nur Patienten, bei denen eine reine externe Sinusbodenelevation durchgeführt wurde. Daher befinden sich alle augmentierten Regionen (N=5) in dieser Studiengruppe im Oberkiefer-Seitenzahnbereich. Auch bei Studiengruppe II wurde neben einer An- bzw. An- und Auflagerungsosteoplastik an der gleichen Region eine zusätzliche externe Sinusbodenelevation durchgeführt. In dieser Studiengruppe befinden sich die augmentierten Regionen (N=34) ebenfalls ausschließlich im Oberkiefer-Seitenzahnbereich.

Lediglich in Studiengruppe III mit An- bzw. An- und Auflagerungsosteoplastik ist ein Aufbau des atrophen Unter- sowie Oberkiefers und auch ein Aufbau im Frontzahnbereich möglich. In dieser Studiengruppe wurde bei insgesamt 38 Patienten an 56 Kieferregionen ein Aufbau vorgenommen. 35 mal wurde dabei im Oberkiefer und 21 mal im Unterkiefer augmentiert. Bei 30 der insgesamt 56 Regionen handelt es sich um Augmentationen im Frontzahnbereich, während 26 mal der Seitenzahnbereich aufgebaut wurde (siehe Tabelle 4 und Abbildung 6 (S.34)).

Studiengruppe III	Oberkiefer	Unterkiefer
Frontzahnbereich	24	6
Seitenzahnbereich	11	15
Gesamt	35	21

Tabelle 4. Lokalisation der augmentierten Regionen in Studiengruppe III

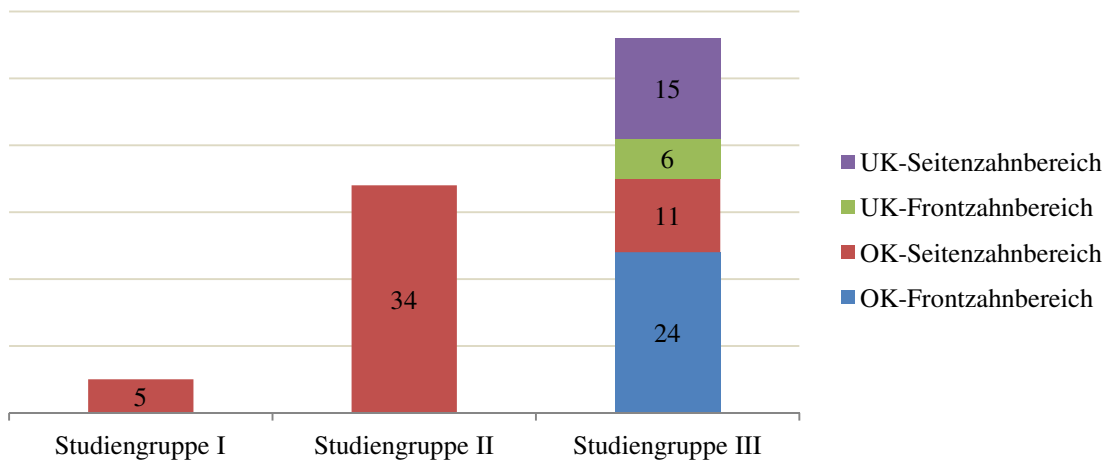


Abbildung 6. Lokalisation und Anzahl der augmentierten Regionen bezogen auf die Studiengruppen

### 3.3 Einheildauer der Knochenaugmentate

Abbildung 7 zeigt die Einheildauer des transplantierten Beckenknochens bis zur chirurgischen Implantat-Insertion, bezogen auf die Anzahl der Augmentat-Regionen bei den insgesamt 61 Patienten. Im Mittel wurde dabei, in einem 95% Konfidenzintervall von 4,5 bis 5,3 Monaten, eine Einheildauer von 4,9 Monaten festgestellt. Bei insgesamt 26 Regionen betrug die Einheilzeit zwischen 3-4 Monate, bei weiteren 29 Augmentaten lag die Einheilzeit zwischen 4-5 Monaten. 15 weitere Augmentate hatten eine Einheilzeit von 5-6 Monaten. Eine Einheilzeit von 6-8 Monaten wurde bei insgesamt 18 Regionen konstatiert. Bei 7 Augmentaten lag eine Einheilzeit von mehr als 8 Monaten vor.

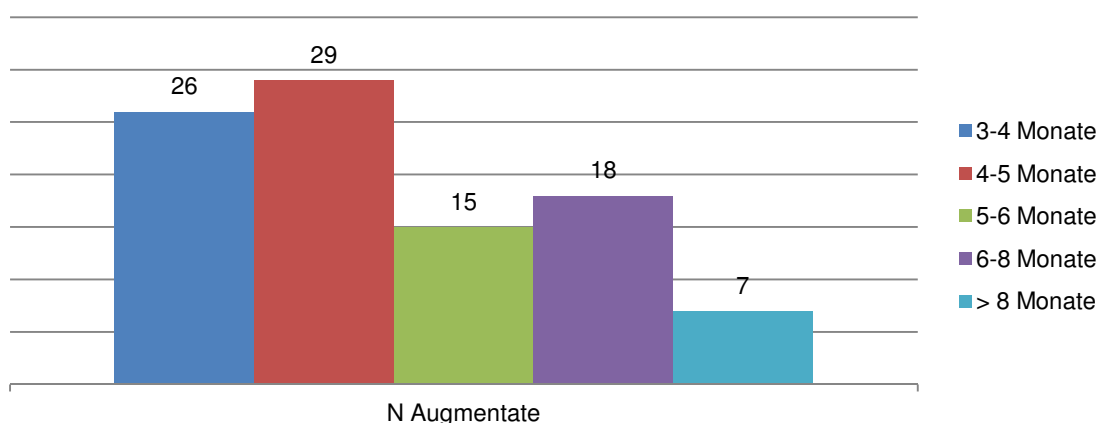


Abbildung 7. Einheildauer der Augmentate

In Studiengruppe I betrug die mittlere Einheilzeit für den eingelagerten Knochen 4,1 Monate. Für die Augmentate der Studiengruppe II betrug die mittlere

Einheitzeit der insgesamt 34 Augmentate 4,5 Monate (95%-Konfidenzintervall: 4,07 bis 4,93 Monaten). Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Kieferkammaufbau und Implantat-Insertion betrug bei Studiengruppe III 5,3 Monate (95%-Konfidenzintervall: 4,7 bis 5,9 Monate).

### 3.4 Implantatposition und Implantatanzahl

Insgesamt wurden bei den 61 Patienten 215 Implantate in Regionen mit vorausgehendem Kieferkammaufbau inseriert.

In den Tabellen 5a, 5b und 5c ist jeweils der Bereich „regio“ der jeweiligen Implantatposition angegeben. Es wird dabei nicht zwischen rechtem und linkem Kieferquadranten unterschieden. „4“ steht somit beispielsweise für die Region 14 (im Oberkiefer rechts) aber auch für die Region 24 (im Oberkiefer links). Die Tabellenzeile „OK“ bzw. „UK“ gibt die Anzahl der Implantate an, die auf einer bestimmten Position im Oberkiefer bzw. Unterkiefer gesetzt wurden.

Tabelle 5a zeigt die Implantatpositionen bei den 5 Patienten, bei denen mittels externer Sinusbodenelevation der Kieferkamm aufgebaut wurde. Bei diesen 5 Patienten wurden insgesamt 12 Implantate gesetzt. Die meisten Implantate (N = 5) wurden dabei auf regio 16 bzw. 26 gesetzt.

regio	4	5	6	7
Anzahl der Implantate	3	2	5	2

Tabelle 5a. Implantatpositionen in Studiengruppe I

Die Implantatpositionen bei Kieferkammaugmentation mittels einer Kombination aus externer Sinusbodenelevation mit Auf- bzw. An- und Auflagerung von Knochen an insgesamt 25 Patienten sind in Tabelle 5b angegeben. Es wurden dabei 66 Implantate im Oberkiefer-Seitenzahnbereich gesetzt. Die meisten Implantate (N = 24) wurden dabei auf regio 16 bzw. 26 gesetzt.

regio	4	5	6	7
Anzahl der Implantate	16	21	24	5

Tabelle 5b. Implantatpositionen in Studiengruppe II

Tabelle 5c (S. 36) stellt die Implantatpositionen bei Kieferkammaugmentation mittels Auf- bzw. An- und Auflagerungsosteoplastik bei den insgesamt 38

Patienten der Studiengruppe III dar. Bei diesen 38 Patienten wurden insgesamt 137 Implantate gesetzt. Mit einer Anzahl von 60 der insgesamt 137 Implantate wurden die meisten im Oberkiefer-Frontzahnbereich (Zahn 13-23) gesetzt. Im Unterkiefer-Frontzahnbereich wurden die wenigsten Implantate (N = 16) gesetzt. Die Anzahl der gesetzten Implantate im Seitenzahnbereich ist relativ ausgeglichen, mit 24 Implantaten im Oberkiefer- und 37 im Unterkiefer-Seitenzahnbereich.

Anzahl der Implantate im Oberkiefer	26	15	19	9	7	3	5
regio	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl der Implantate im Unterkiefer	4	6	6	9	10	13	5

Tabelle 5c. Implantatpositionen in Studiengruppe III

### 3.5 Daten zu den verwendeten Implantaten

Folgende Daten bezüglich der verwendeten Implantat-Systeme wurden erhoben und dokumentiert: Verwendetes Implantat-System, geometrische Größen (Implantat-Länge und Implantat-Durchmesser) und die Anzahl der pro Patient inserierten Implantate. Es wurden entweder Implantate der Firma Camlog (screw promote) (6 Patienten/ 29 Implantate) oder der Firma Straumann (ITI-Implantate) (55 Patienten/ 186 Implantate) verwendet. Bei den insgesamt 186 Implantaten der Firma Straumann wurden bei 31 Patienten insgesamt 94 Straumann „bone-level“ Implantate, bei 25 Patienten insgesamt 92 Straumann „standard-plus“ Implantate verwendet. Folgende Größen kamen dabei zum Einsatz (siehe Tabelle 6a):

	Durchmesser (mm)	Längen (mm)
Camlog	3,8/ 4,3/ 5,0	9/ 11/ 13
Straumann	3,3/ 4,1/ 4,8	8/ 10/ 12/ 14

Tabelle 6a. Verwendete Implantat-Systeme

In der Tabelle 6b (S. 37) ist die Verteilung der verwendeten Implantate der Firma Straumann auf die verschiedenen Längen bzw. Durchmesser angegeben. Bei 55 der insgesamt 61 Patienten wurden insgesamt 186 Implantate der Firma Straumann gesetzt. In der ersten Tabellenzeile sind die jeweiligen Implantat-Durchmesser (3,3 mm/ 4,1 mm/ 4,8 mm) angegeben. Die erste Tabellenspalte gibt die entsprechenden Implantat-Längen an (8 mm/ 10 mm/ 12 mm/ 14 mm).



Am häufigsten wurden, mit 104 von insgesamt 186 verwendeten Implantaten der Firma Straumann, Implantate mit einem Durchmesser von 4,1 mm und einer Länge von 12 mm verwendet.

Straumann-Implantate Implantatlängen	Implantatdurchmesser		
	3,3 mm	4,1 mm	4,8 mm
8 mm	-	4	1
10 mm	3	37	4
12 mm	5	104	15
14 mm	-	10	3

Tabelle 6b. Geometrische Größen der verwendeten Straumann-Implantate

Tabelle 6c zeigt die verwendeten Implantat-Typen der Firma Camlog. Es wurden 29 Camlog Implantate bei 6 der insgesamt 61 Patienten gesetzt. Die erste Tabellenzeile gibt die verwendeten Implantat-Durchmesser (3,8 mm/ 4,3 mm/ 5,0 mm), die erste Tabellenspalte die verwendeten Implantatlängen (9 mm/ 11 mm/ 13 mm) an. Die meisten dieser Implantate haben einen Durchmesser von 4,3 mm. Am häufigsten wurden Implantate mit einer Länge von 11 mm und einem Durchmesser von 4,3 mm verwendet.

Camlog-Implantate Implantatlängen	Implantatdurchmesser		
	3,8 mm	4,3 mm	5,0 mm
9 mm	-	4	-
11 mm	4	8	1
13 mm	3	7	2

Tabelle 6c. Geometrische Größen der verwendeten Camlog-Implantate

### 3.6 Faktoren welche die Knochenregeneration beeinflussen

Faktoren wie parodontale Vorerkrankungen und das Rauchverhalten (gemessen in Zigaretten pro Tag) wurden aus den Anamnesebögen der Patientenakten festgehalten. Es sollte dabei die Wirkung dieser Faktoren auf die Augmentat- bzw. Implantat-Einheilung und auf Knochenveränderungen gezeigt werden.

10 der 61 Patienten gaben an, zum Zeitpunkt der chirurgischen Eingriffe Raucher zu sein. Bei 6 dieser 10 Patienten war ein mittlerer (10-20 Zigaretten pro Tag), bei 3 ein mäßiger (weniger als 10 Zigaretten pro Tag) und bei einem Patienten ein hoher (mehr als 20 Zigaretten pro Tag) Zigarettenkonsum dokumentiert. 51 der 61 Patienten gaben an, zum Zeitpunkt der chirurgischen Eingriffe seit mindestens 5 Jahren Nichtraucher zu sein. Abbildung 8 (S. 38)

zeigt die Anzahl der augmentierten Regionen bei Patienten, die zum Zeitpunkt der chirurgischen Eingriffe (Kieferkammaufbau und Implantat-Insertion) angaben Raucher bzw. Nichtraucher zu sein. Es wird dabei zwischen den einzelnen Studiengruppen differenziert. 19 Kieferkamm-Regionen wurden bei insgesamt 10 Rauchern des Gesamtpatientenkollektivs augmentiert. In 9 Fällen wurde dabei eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit einer An- und Auflagerungsosteoplastik vorgenommen. In weiteren 10 Fällen wurde eine reine Knochenauf- bzw. An- und Auflagerungsosteoplastik durchgeführt. An diesen insgesamt 19 augmentierten Regionen (bei 10 Rauchern) wurden später insgesamt 37 Implantate inseriert.

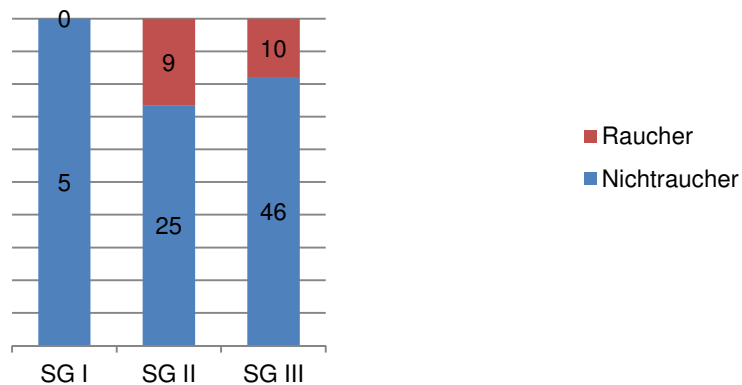


Abbildung 8. Anzahl der augmentierten Regionen bei Rauchern bzw. Nichtrauchern bezogen auf die einzelnen Studiengruppen (SG)

Abbildung 9 (S. 39) zeigt die Disposition zu parodontalen Erkrankungen im Patientenkollektiv, bezogen auf die Augmentat-Regionen. Die Daten zu parodontalen Vorerkrankungen wurden dabei den Patientenakten entnommen. Dokumentiert wurde dabei eine vorliegende generalisierte, chronische Parodontitis oder auch eine lokalisierte Parodontitis im Nachbarzahnbereich der Operations-Region. Vor den chirurgischen Eingriffen war bei den Patienten mit parodontalen Erkrankungen eine Parodontitis-Therapie durchgeführt worden, bis stabile parodontale Verhältnisse erreicht waren. Zur Kontrolle vor der Augmentation bzw. Implantation waren die Patienten in die Klinik einbestellt worden, wobei auch der parodontale Zustand in den Akten vermerkt wurde. In Studiengruppe I war bei einem Patienten mit therapierter, generalisierter Parodontitis eine Einlagerungsosteoplastik vorgenommen worden. In Studiengruppe

II wurde bei 10 Patienten mit bekannter parodontaler Erkrankung an insgesamt 11 Regionen augmentiert. Eine parodontale Disposition war in Studiengruppe III bei insgesamt 20 Patienten in den Patientenakten vermerkt gewesen. Hier wurde an insgesamt 26 Regionen der Kieferkamm aufgebaut. Bei diesen insgesamt 38 Augmentat-Regionen wurden später insgesamt 107 Implantate inseriert.

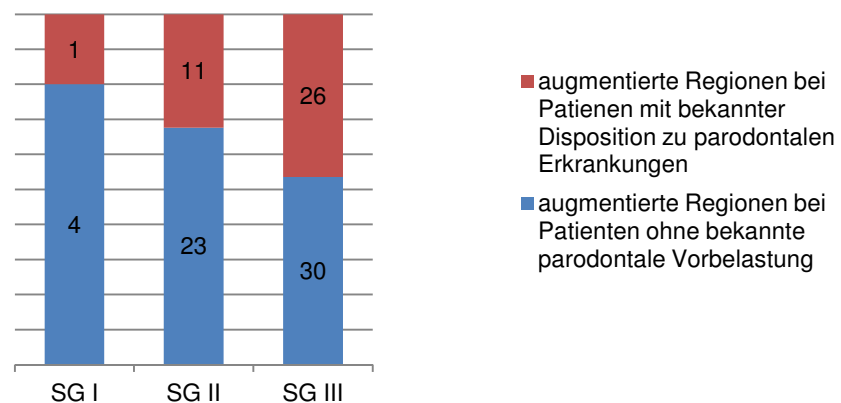


Abbildung 9. Anzahl der augmentierten Regionen bei Patienten mit und ohne Dispositionen zu parodontalen Erkrankungen, bezogen auf die einzelnen Studiengruppen (SG)

### 3.7 Bewertung des Kieferkammaufbaus anhand klinischer Parameter

#### 3.7.1 Aufgetretene Komplikationen bei der Kieferkammaugmentation

Im Verlauf der Transplantateinheilung kam es bei 11 der insgesamt 95 augmentierten Regionen teilweise zu Wundheilungsstörungen mit lokalisiert freiliegendem Knochen im Operationsgebiet. Alle aufgetretenen Wundheilungsstörungen wurden mit desinfizierender Chlorhexamed- oder mit Octenisept-Spülung und ggf. zusätzlicher dekontaminierender photodynamischer antimikrobieller Therapie (HELBO-Laser) behandelt und hatten keinen Einfluss auf die geplante Position und Anzahl der später inserierten Implantate. Lediglich der geplante Zeitpunkt für die Implantation musste in einigen Fällen verschoben werden, bis ein stabiler Zustand des Implantat-Lagers erreicht war.

Bei 8 der insgesamt 95 augmentierten Regionen musste bei der Implantat-Insertion stellenweise noch zusätzlich Knochen aufgelagert werden, um eine

volle Knochenverankerung des an dieser Stelle inserierten Implantates zu gewährleisten (siehe Tabelle 7, S. 41). Da in dieser Studie lediglich der physiologische, nicht entzündlich bedingte Knochenabbau untersucht werden sollte, wurden diese Messstellen mit zusätzlichem lokalem Knochenaufbau bei Implantation, sowie Stellen mit entzündlich verstärktem Knochenabbau auf Grund einer Wundheilungsstörung nicht in die weitere Auswertung miteinbezogen.

#### 3.7.1.1 Studiengruppe I:

Von den insgesamt 5 Patienten aus Studiengruppe I, deren Kieferkamm mittels externer Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik aufgebaut worden war, war eine Patientin an einer augmentierten Region von einer postoperativen Schleimhaut-Dehiszenz betroffen. Nach Spülungs-Therapie mit Kochsalz-Spülung konnte die Implantation an der Region wie geplant durchgeführt werden. Es konnte jedoch stellenweise an dieser Augmentat-Region ein verstärkter Abbau des eingelagerten Knochens von 3,9 mm bei Implantat-Insertion festgestellt werden. Bei Patienten ohne vorausgehende Wundheilungsstörungen betrug der durchschnittliche Abbau des Augmentats nur 2,0 mm. Rauchverhalten sowie parodontale Vordiagnosen hatten dabei keinen Einfluss auf den Augmentationserfolg dieser Studiengruppe.

#### 3.7.1.2 Studiengruppe II:

In Studiengruppe II kam es nach Aufbau des Kieferkamms durch eine externe Sinusbodenelevation mit Ein-, An- und Auflagerungsosteoplastik bei 2 der insgesamt 34 augmentierten Regionen zu postoperativen Wundheilungsstörungen. Beide Wundheilungsstörungen traten dabei bei 2 Patienten auf, die angaben zum Zeitpunkt der chirurgischen Eingriffe seit mindestens 5 Jahren Nichtraucher zu sein. Bei keinem der beiden war eine Disposition zu Parodontalerkrankungen bekannt. Nach erfolgreicher Therapie der Dehiszenzen mit desinfizierender Chlorhexamed- und Octenisept-Spüllösung konnten die späteren Implantationen wie geplant durchgeführt werden. Die Wundheilungsstörungen wirkten sich auch hier lokalisiert verstärkend auf der Höhenverlusten am auf- bzw. eingelagerten Knochen aus. Der auf- bzw. eingelagerte Knochen wurde an der jeweiligen Stelle mit freiliegendem Knochen, bis zum Zeitpunkt der Implantation,

durchschnittlich um 3,3 mm abgebaut. Im Vergleich dazu betrug der durchschnittliche Abbau bei Augmentaten ohne vorausgegangene Wundheilungsstörung 2,7 mm.

### 3.7.1.3 Studiengruppe III:

Die meisten postoperativen Wundheilungsstörungen waren bei Kieferregionen zu verzeichnen, an denen ein Knochenaufbau mittels reiner Auf- bzw. An- und Auflagerungsosteoplastik durchgeführt worden war. In dieser Gruppe waren 8 der insgesamt 56 Augmentat-Regionen von Wundheilungsstörungen betroffen. Bei 6 Regionen waren die Wundheilungsstörungen im Oberkiefer und bei 2 im Unterkiefer lokalisiert. In 7 Fällen waren die Augmentate bei Nichtrauchern gesetzt worden. Nur eine Patientin (N Augmentat = 1) gab einen mittleren Nikotinkonsum von 15 Zigaretten pro Tag an. Eine parodontale Vorbehandlung war bei 5 Patienten in 5 dieser 8 Regionen erforderlich gewesen. Bei drei dieser acht augmentierten Regionen musste der geplante Zeitpunkt der Implantation um 6 Wochen (eine Region) bzw. um 8 Wochen (2 Regionen) verschoben werden, bis stabile Verhältnisse der Implantat-Region erreicht waren. Auch hier unterlag der aufgelagerte Beckenkammknochen verstärkten Resorptionen von durchschnittlich 4,2 mm im Gegensatz zu 2,2 mm bei den nicht entzündlich bedingt resorbierten Augmentat-Stellen ohne Wundheilungsstörungen.

Eine lokale Knochentransplantation von intraoral entnommenem Eigenknochen (aus der Mental- bzw. Retromolar-Region), während der Implantat-Insertion, wurde bei insgesamt 6 Augmentations-Regionen der Studiengruppe III auf Grund starker postaugmentativer Resorptionen an den Transplantaten notwendig.

	N insgesamt augmentierte Regionen	Regionen mit aufgetretenen Wundheilungsstörungen	Regionen mit teilweise zusätzlich benötigtem lokalem Knochentransfer
Studiengruppe I	5	1	-
Studiengruppe II	34	2	2
Studiengruppe III	56	8	6
Gesamt	95	11	8

Tabelle 7 Anzahl der Regionen mit Wundheilungsstörungen oder zusätzlich benötigtem lokalem Knochentransfer bei der Implantation bezogen auf die Studiengruppen

### 3.7.2 Bewertung des Augmentationserfolges im Gesamtkollektiv der 61 Patienten:

Bei allen 61 Patienten, bei denen vor der Implantat-Insertion die atrophischen Kieferkämme mit avaskulären autogenen Beckenkammtransplantaten aufgebaut worden waren, konnte die Implantat-Insertion wie geplant durchgeführt werden. Lediglich der vorgesehene Zeitpunkt der Implantation musste bei 3 Patienten auf Grund von Wundheilungsstörungen verschoben werden. Die Implantation konnte jedoch nach erfolgreicher Therapie wie geplant durchgeführt werden. Alle transplantierten Beckenblöcke zeigten sich zum Zeitpunkt der Implantation in situ. Bei keinem der Patienten war ein kompletter Transplantatverlust zu verzeichnen.

### 3.8 Bewertung des Implantations-Erfolges anhand klinischer Parameter

Für eine Bewertung des Implantations-Erfolges wurden die klinischen Daten der Patienten, welche den ambulanten Patientenakten entnommen werden konnten, in einem Nachuntersuchungszeitraum nach Implantat-Insertion von mindestens 13 bis maximal 17 Monaten ausgewertet. Dort waren von den jeweiligen behandelnden Ärzten die prä- und postoperativen Diagnosen festgehalten worden. Die 215 in der Studie retrospektiv nachuntersuchten Implantate wurden je nach klinischer Beurteilung, in ein vierstufiges Schema unterteilt (wie in der Einleitung in Kapitel 1.6.2 erläutert). Ein Implantat wurde der Gruppe „ailing“ zugeordnet wenn entzündliche Veränderungen der periimplantären Mukosa, ohne Beteiligung des knöchernen Attachments, vorlagen. Differenzierung zwischen einem gesunden („healthy“) Implantat und einem erkranktem („failing“) Implantat waren erhöhte Sondierungswerte, Suppuration sowie ein Sondierungsblutungswert nach Mombelli und Lang (1994). Unter dem Begriff „failed“ sind Implantate zusammengefasst, die zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungszeitraums von mindestens 13 Monaten nicht mehr in situ waren, gelockerte Implantate und Implantate, die auf Grund ausbleibender Osseointegration einen dumpfen Klopfeschall aufwiesen (Krauser 1989, Espositos et al. 1998).

Tabelle 8 (S. 44) zeigt die Einstufung der Implantate in die Kategorien „healthy“, „ailing“, „failing“ und „failed“. Die einzelnen Studiengruppen wurden dabei gesondert betrachtet. Um Mehrfachnennungen zu vermeiden wurden Implantate, die im nachuntersuchten Zeitraum erst der Gruppe „failing“ angehörten und später explantiert werden mussten nur der Gruppe „failed“ zugeordnet. In Abbildung 10 (S. 44) wird der jeweilige prozentuale Anteil von Implantaten mit einer definierten Komplikation an der Gesamtzahl der in der jeweiligen Studiengruppe gesetzten Implantate graphisch verdeutlicht.

Basierend auf den in der Einleitung Kapitel 1.6.2 beschriebenen Kriterien konnten 191 der 215 nachuntersuchten Implantate (88,8%) dem Status „healthy“ zugeteilt werden. 6 Implantate mussten als „ailing“ (2,8%), 9 als „failing“ (4,2%) und weitere 9 als „failed“ (4,2%) eingestuft werden. Die Studiengruppen II und die Studiengruppe III weisen einen ähnlichen Prozentsatz an gesunden („healthy“) Implantaten auf, mit 89,8% in Studiengruppe III („An- und Auflagerungsosteoplastik“) und 90,9% in Studiengruppe II („externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit An- und Auflagerungsosteoplastik“). Da in Studiengruppe I („externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik“) ein Implantat, von insgesamt 12 in dieser Gruppe inserierten, als Misserfolg „failed“ (8,3%) und ein Weiteres als „failing“ (8,3%) gewertet werden mussten, liegt der Wert der gesunden „healthy“ Implantate hier bei nur 66,7%. In Studiengruppe II mussten 4 Implantate (6,1%) als Verlust gerechnet werden. In Studiengruppe III war ein Verlust von 4 der zuvor inserierten Implantaten zu verzeichnen. Das entspricht 2,9% der insgesamt in dieser Gruppe gesetzten Implantate. Bei Studiengruppe II waren 3,0% (N = 2) der gesetzten Implantate der Kategorie „failing“ zuzuordnen. Der Anteil an „failing“ Implantaten beträgt in Studiengruppe III 4,4% (N = 6). In Studiengruppe II musste keines der 66 gesetzten Implantate der Gruppe „ailing“ zugewiesen werden. Zwei (16,7%) der insgesamt 12 gesetzten Implantate der Studiengruppe I mussten der Gruppe „ailing“ zugerechnet werden. Bei Studiengruppe III liegt hier der Wert bei 2,9% (N „ailing“ Implantate = 4) (siehe Tabelle 8, Abbildung 10 (S. 44)).

	Anzahl der Implantate	„healthy“	„ailing“	„failing“	„failed“
Gesamtkollektiv	215	191	6	9	9
Studiengruppe I	12	8	2	1	1
Studiengruppe II	66	60	-	2	4
Studiengruppe III	137	123	4	6	4

Tabelle 8. Bewertung der Implantat-Gesundheit nach den Kategorien „healthy“, „ailing“, „failing“, „failed“

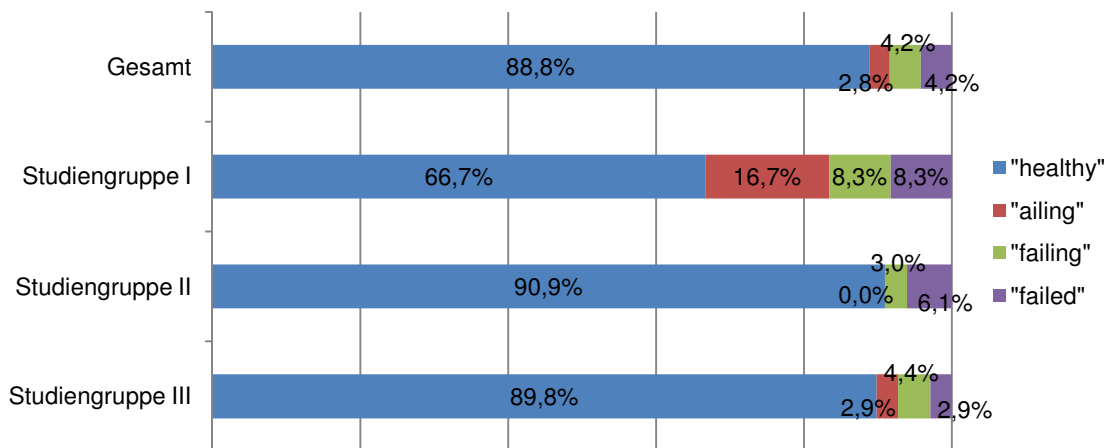


Abbildung 10. Prozentualer Anteil der Implantate an den Kategorien „healthy“, „ailing“, „failing“, „failed“

### 3.8.1 Bewertung der Implantat-Überlebensrate

Bei 5 der 61 nachuntersuchten Patienten kam es, im Beobachtungszeitraum von mindestens 13 Monaten nach Implantation, zu einem Verlust von insgesamt 9 der zuvor 215 inserierten Implantate. Daraus ergibt sich eine Überlebensrate der nachuntersuchten Implantate von 95,8%. Die Implantat-Überlebensrate liegt in Studiengruppe I bei 91,7%, in Studiengruppe II bei 93,9% und in Studiengruppe III bei 97,1%. Drei der insgesamt 9 Verlust-Implantate wurden innerhalb der ersten 6 Monate nach Insertion entfernt. Eines davon wurde nach 70 Tagen entfernt weil es fehlerhaft positioniert war. Die beiden anderen erwiesen sich als nicht primärstabil und wurden nach 112 bzw. nach 147 Tagen entfernt. Ein Implantat dieser 9 Verlust-Implantate erwies sich nach 190 Tagen als nicht osseointegriert mit fehlender Primärstabilität. Bei einem Patienten mussten nach 214 Tagen alle 5 gesetzten Implantate auf Grund einer therapieresistenten puritiden Periimplantitis entfernt werden.

In Tabelle 9 (S. 45) sind Anzahl und Zeitpunkt der Implantat-Verluste sowie die Überlebensrate der gesetzten Implantate, bezogen auf das Gesamtkollektiv der



insgesamt 215 gesetzten Implantate, dargestellt. Es wurde dabei zwischen den einzelnen Studiengruppen unterschieden.

	N Implantate	N Implantat Verluste*	Verlustzeitpunkt (t: Tage/ m: Monate)		Überlebensrate**
			0-6m	6-12m	
Studiengruppe I	12	1	70t		91,7%
Studiengruppe II	66	4		190t 214t (N = 3)	93,9%
Studiengruppe III	137	4	112t 147t	214t (N = 2)	97,1%

Tabelle 9. Überlebensrate und Verlustzeitpunkt der inserierten Implantate bezogen auf die Studiengruppen  
 (\* Implantate aus der Gruppe „failed“; \*\* im nachuntersuchten Zeitraum von mindestens 13 Monaten nach Implantatinsertion)

### 3.8.2 Faktoren die den Implantations-Erfolg beeinflussen

Bei 6 Implantaten (N Patienten = 4) waren in den ambulanten Patientenakten reversible periimplantären Entzündungen im Sinne einer Mukositis vermerkt gewesen. Diese Implantate wurden der Gruppe „ailing“ zugeteilt. Bei zwei dieser Patienten war bereits eine parodontale Erkrankung vermerkt gewesen. Ein weiterer Patient mit einem „ailing“ Implantat gab an Raucher (10 Zigaretten pro Tag) zu sein.

Entzündungen mit Abbau des periimplantären Knochens traten bei 9 (N Patienten = 8) der insgesamt 215 gesetzten Implantate auf. Diese Implantate wurden der Gruppe „failing“ zugeordnet. 6 Patienten (N „failing“ Implantate = 6) gaben an, zum Zeitpunkt der chirurgischen Eingriffe seit mindestens 5 Jahren Nichtraucher zu sein. Ein mittlerer bzw. starker Zigarettenkonsum war bei 2 Patienten (N „failing“ Implantate = 3) in den Patientenakten vermerkt. 6 dieser 9 Implantate, die der Gruppe „failing“ zugeordnet werden mussten, waren bei Patienten nach vorausgehender notwendiger Parodontitistherapie im Nachbarzahnbereich der Augmentationsregion gesetzt worden.

9 Implantate (N Patienten = 5) mussten der Gruppe „failed“ zugeordnet werden. Bei 6 dieser 9 Implantate (N Patienten = 2) waren parodontale Vorbehandlungen vor den chirurgischen Eingriffen notwendig gewesen. Alle 5 Patienten gaben an seit mindestens 5 Jahren Nichtraucher zu sein.

Zu Komplikationen an den inserierten Implantaten im Sinne einer Mukositis bzw. einer Periimplantitis und/oder zu einem Implantatverlust kam es bei 24 der

insgesamt 215 gesetzten Implantate. Das entspricht 11,2% vom Gesamtkollektiv der 215 retrospektiv nachuntersuchten Implantate. Von insgesamt 53 im Unterkiefer gesetzten Implantaten kam es bei 5 (9,4%) zu entzündlichen Komplikationen. Dabei war an 3 Implantaten eine Periimplantitis aufgetreten. Weitere 2 Implantate mussten wieder entfernt werden (Explantation). Im Oberkiefer wurden insgesamt 162 Implantate gesetzt. Dabei traten bei 19 Implantaten (11,7 %) Komplikationen auf.

### 3.9 Evaluation des Kieferkammaufbaus anhand radiologischer Parameter

#### 3.9.1 Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten avaskulären Beckenkammtransplantat

Die jeweiligen Messwerte für die vertikalen Knochenhöhen wurden, wie in Kapitel 2.2.2.2 beschrieben, anhand der Orthopantomogramme der nachuntersuchten Patienten ermittelt. Der mittlere Höhenverlust des auf- bzw. eingelagerten Knochentransplantates (in Millimetern und in Prozent) bis zur Implantat-Insertion konnte anhand von 95 augmentierten Regionen bei den insgesamt 61 nachuntersuchten Patienten nachvollzogen werden.

##### 3.9.1.1 Studiengruppe I (externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik)

Bei den 5 Patienten mit Kieferkammerhöhung durch eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik konnten an 5 Regionen, im zeitlichen Verlauf vor der Knocheneinlagerung bis hin zur Implantation, die durchschnittlichen vertikalen Knochenhöhen nachuntersucht werden. Die durchschnittliche vertikale Restknochenhöhe zum Zeitpunkt der initialen Aufnahme vor Augmentation betrug dabei 3,71 mm. Durch die Einlagerung von Beckenknochen konnte eine durchschnittliche postaugmentative vertikale Knochenhöhe von 15,54 mm erzielt werden. Die vertikale Höhe des eingelagerten Knochens betrug durchschnittlich 11,83 mm. Nach einer Einheilzeit des Knochenaugmentats von durchschnittlich 4,1 Monaten konnte die Implantation vorgenommen werden. Die vertikale Knochenhöhe betrug dabei zum Zeitpunkt der Implantat-Insertion 13,54 mm. Daraus ergibt sich ein mittlerer Höhenverlust des eingelagerten Knochens von 2,0 mm (16,9 %) vom Zeitpunkt der Sinusboden-

elevation mit Einlagerung von avaskulärem Beckenknochen bis zur Implantation (siehe Tabelle 10a, Abbildung 11a). In Abbildung 13a sind die durchschnittlichen Werte des vertikalen Knochenniveaus im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) gegeben.

Ermittelte vertikale Knochenhöhe*	Mittelwerte	Standardabweichung
Restknochenhöhe (mm)	3,71 mm	0,60
Erzielte Knochenhöhe nach Augmentation (mm)	15,54 mm	1,46
Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	13,54 mm	1,40
Vertikale Höhe des Augmentats (mm)	11,83 mm	1,46
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	2,00 mm	0,78
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (%)	16,90 %	7,74

Tabelle 10a. durchschnittliche vertikale Knochenhöhen im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) bei Studiengruppe I  
 (\*die Werte beziehen sich auf die durchschnittlichen vertikalen Knochenhöhen bzw. den Höhenverlust bezogen auf die Augmentatregion)

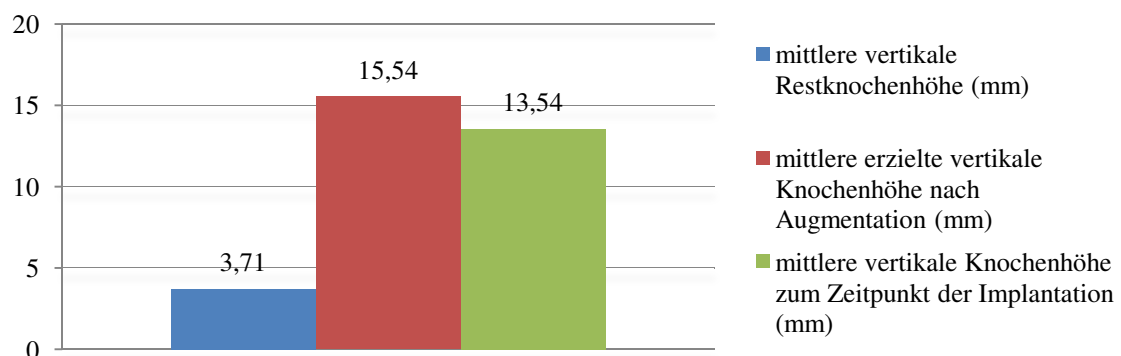


Abbildung 11a. mittlere vertikale Knochenhöhen zum Zeitpunkt der Kontrollaufnahme in Studiengruppe I (die Ordinate gibt dabei die vertikale Knochenhöhe in Millimetern an)

### 3.9.1.2 Studiengruppe II (externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit Knochen Auf- und/oder Anlagerung)

Die 25 Patienten der Studiengruppe II weisen eine durchschnittliche vertikale Restknochenhöhe von 3,12 mm in der zu augmentierenden Kieferkammregion auf. Durch die externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik und gleichzeitiger Auf- und/oder Anlagerungsosteoplastik konnte der Kieferkamm im

Mittel auf 17,48 mm erhöht werden. Ein durchschnittlicher Höhenverlust des auf- bzw. eingelagerten Knochens bis zur Implantation von 2,75 mm entspricht dabei einem prozentualen Höhenverlust der auf- bzw. eingelagerten Knochen- transplantate von 19,15 %. Die Einheilzeit der insgesamt 34 Augmentate betrug im Durchschnitt 4,5 Monate (siehe Tabelle 10b, Abbildung 11b).

Ermittelte vertikale Knochenhöhe*	Mittelwerte	Standardabweichung
Restknochenhöhe (mm)	3,12 mm	2,03
Erzielte Knochenhöhe nach Augmentation (mm)	17,48 mm	2,46
Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	14,73 mm	2,00
Vertikale Höhe des Augmentats (mm)	14,36 mm	3,43
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	2,75 mm	1,16
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (%)	19,15 %	5,73

Tabelle 10b. durchschnittliche vertikale Knochenhöhen im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) bei Studiengruppe II  
 (\*die Werte beziehen sich auf die durchschnittlichen vertikalen Knochenhöhen bzw. den Höhenverlust bezogen auf die Augmentatregion)

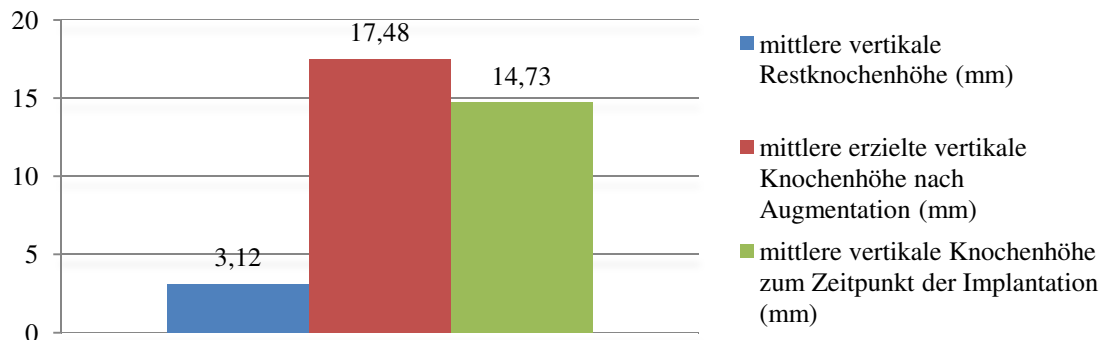


Abbildung 11b. mittlere vertikale Knochenhöhen zum Zeitpunkt der Kontrollaufnahme in Studiengruppe II (die Ordinate gibt dabei die vertikale Knochenhöhe in Millimetern an)

### 3.9.1.3 Studiengruppe III (Auf- und Anlagerungsosteoplastik)

Das Gesamtkollektiv der 38 Patienten der Studiengruppe III weist einen mittleren Höhenverlust des aufgelagerten Knochens bis zum Zeitpunkt der Implantat-Insertion von 2,23 mm (24,93 %) auf. Die Knochenhöhe vor der Augmentation betrug in dieser Gruppe durchschnittlich 6,87 mm und wurde auf durchschnittlich 15,81 mm erhöht. Zum Zeitpunkt der Implantation betrug die vertikale Knochenhöhe noch durchschnittlich 13,58 mm (siehe Tabelle 10c, Abbildung 11c). Im Gesamtkollektiv der 38 Patienten aus Studiengruppe III konnten anhand von 56

Regionen die vertikalen Kieferkammhöhen in den Augmentations-Gebieten berechnet werden. Die mittlere Einheilzeit der Augmentate betrug hier 5,3 Monate.

Ermittelte vertikale Knochenhöhe*	Mittelwerte	Standardabweichung
Restknochenhöhe (mm)	6,87 mm	2,80
Erzielte Knochenhöhe nach Augmentation (mm)	15,81 mm	2,28
Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	13,58 mm	2,21
Vertikale Höhe des Augmentats (mm)	8,94 mm	2,54
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	2,23 mm	0,82
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (%)	24,93 %	10,59

Tabelle 10c. durchschnittliche vertikale Knochenhöhen im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) bei Studiengruppe III  
 (\*die Werte beziehen sich auf die durchschnittlichen vertikalen Knochenhöhen bzw. den Höhenverlust bezogen auf die Augmentatregion)

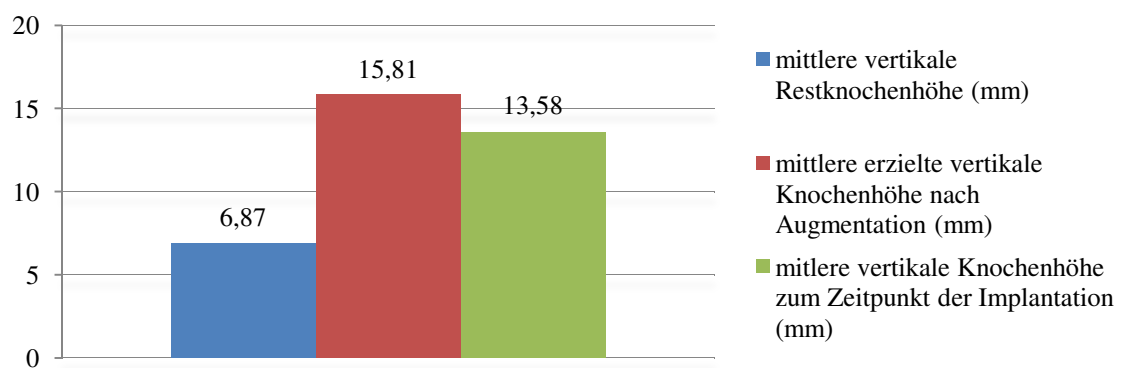


Abbildung 11c. mittlere vertikale Knochenhöhen zum Zeitpunkt der Kontrollaufnahme in Studiengruppe III (die Ordinate gibt dabei die vertikale Knochenhöhe in Millimetern an)

In Studiengruppe III wurde im Oberkiefer an insgesamt 35 Regionen (n Implantate = 84) und im Unterkiefer an 21 Regionen (n Implantate = 53) Knochen auf- bzw. an- und aufgelagert. Im Unterkiefer konnte ein Höhenverlust von 2,41 mm am Augmentat festgestellt werden. Das entspricht 27,73% des aufgelagerten Knochens. Im Oberkiefer ist ein geringerer mittlerer Höhenverlust am augmentierten Knochen von 2,12 mm (23,25% des aufgelagerten Knochens) festzustellen (siehe Tabelle 10d und 10e und Abbildung 11d und 11e).

## Oberkiefer

Ermittelte vertikale Knochenhöhe*	Mittelwerte	Standardabweichung
Restknochenhöhe (mm)	6,50 mm	3,00
Erzielte Knochenhöhe nach Augmentation (mm)	15,61 mm	1,88
Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	13,49 mm	1,60
Vertikale Höhe des Augmentats (mm)	9,11 mm	2,85
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	2,12 mm	0,92
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (%)	23,25 %	10,48

Tabelle 10d. durchschnittliche vertikale Knochenhöhen im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) bei Studiengruppe III bezogen auf den Oberkiefer  
 (\*die Werte beziehen sich auf die durchschnittlichen vertikalen Knochenhöhen bzw. den Höhenverlust bezogen auf die Augmentatregion)

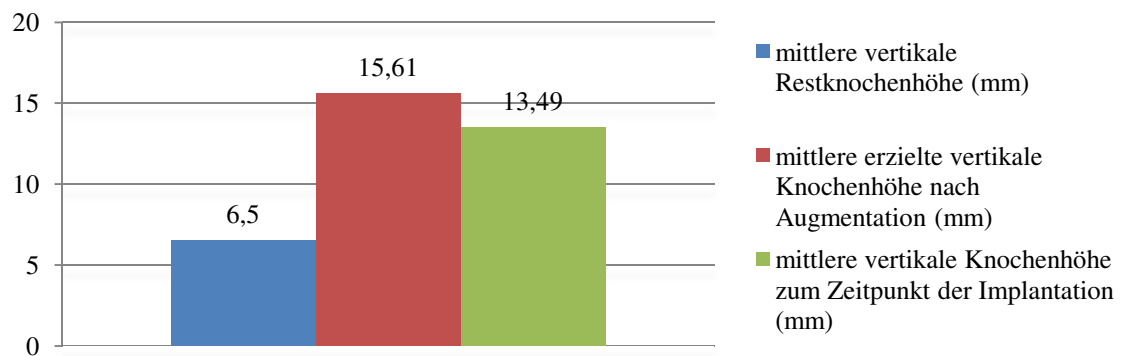


Abbildung 11d. mittlere vertikale Knochenhöhen zum Zeitpunkt der Kontrollaufnahme in Studiengruppe III bezogen auf den Oberkiefer (die Ordinate gibt dabei die vertikale Knochenhöhe in Millimetern an)

## Unterkiefer

Ermittelte vertikale Knochenhöhe*	Mittelwerte	Standardabweichung
Restknochenhöhe (mm)	7,45 mm	2,40
Erzielte Knochenhöhe nach Augmentation (mm)	16,14 mm	2,84
Knochenhöhe zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	13,73 mm	2,99
Vertikale Höhe des Augmentats (mm)	8,69 mm	1,98
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (mm)	2,41 mm	0,59
Höhenverlust des Augmentats bis zum Zeitpunkt der Implantation (%)	27,73 %	10,42

Tabelle 10e. durchschnittliche vertikale Knochenhöhen im zeitlichen Verlauf der chirurgischen Eingriffe (Augmentation, Implantation) bei Studiengruppe III bezogen auf den Unterkiefer  
 (\* die Werte beziehen sich auf die durchschnittlichen vertikalen Knochenhöhen bzw. den Höhenverlust bezogen auf die Augmentatregion)

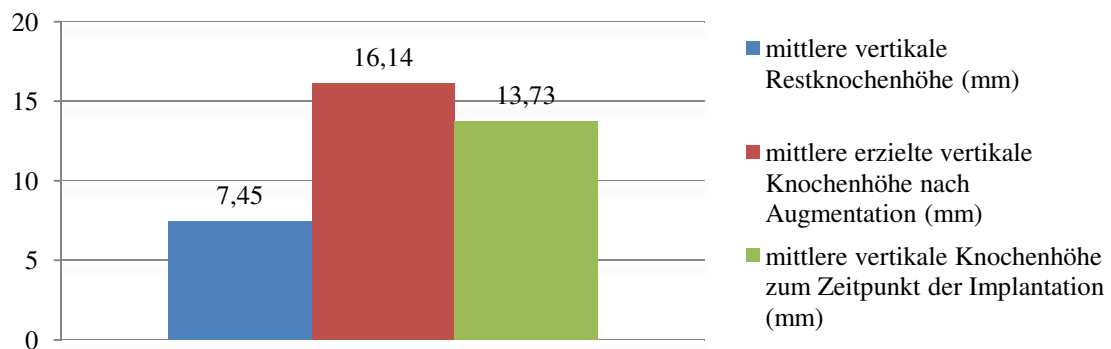


Abbildung 11e. mittlere vertikale Knochenhöhen zum Zeitpunkt der Kontrollaufnahme in Studiengruppe III bezogen auf den Unterkiefer (die Ordinate gibt dabei die vertikale Knochenhöhe in Millimetern an)

### 3.9.2 Faktoren welche den Höhenverlust am Knochentransplantat beeinflussen

Festgehalten wurden folgende Einflussparameter:

- Patientengeschlecht (m/w)
- Patientenalter
- Einheilzeit des transplantierten Knochens bis zur Implantation
- Vorausgehende parodontale Erkrankungen
- Rauchverhalten
- Restknochenhöhe vor der Kieferkamm-Augmentation
- Vertikale Höhe des auf- bzw. eingelagerten Knochens

Durch einen T-Test bzw. Durchführung einer Linearen Regression, wie in Kapitel 2.2.2.3 beschrieben, wurde geklärt ob die verschiedenen Parameter einen signifikanten Einfluss ( $p < 0,05$ ) auf den Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten avaskulären Beckenknochentransplantat ausüben. Der Regressions-Koeffizient (RK) bei der Linearen Regression zeigt zudem eine bestimmte Tendenz (positiver oder negativer Zusammenhang) für das Ergebnis auf. Genaue Testdurchführungen und Daten sind im Anhang (siehe S. 77ff) zu finden.

Die Studiengruppe I wurde auf Grund der geringen Fallzahl von 5 Patienten von der weiteren statistischen Auswertung ausgeschlossen.

In Studiengruppe II (externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit Knochenauf- und/oder -anlagerung) war kein statistisch signifikanter Einfluss des Patientengeschlechts auf den Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten Beckenkammknochen festzustellen ( $p = 0,8639$ ) (siehe Tabelle 11a, S. 77). Bei Studiengruppe III (An- und Auflagerungsosteoplastik) zeigte sich mit 2,33 mm ein leicht verstärkter Höhenverlust am aufgelagerten Beckenkammknochen bei den Frauen. Bei den Männern war hier ein Höhenverlust von 2,08 mm zu verzeichnen. Der Unterschied war jedoch nicht statistisch signifikant ( $p = 0,2649$ ) (siehe Tabelle 11b, S. 77).

Die Lineare Regression in der Studiengruppe II zeigt, dass mit steigendem Patientenalter ein verstärkter Höhenverlust am auf-, bzw. eingelagerten Knochentransplantat festzustellen ist ( $RK = 0,0271675$ ). Diese Tendenz ist jedoch nicht statistisch signifikant ( $p = 0,060$ ) (siehe Tabelle 12a, Abbildung 12a, S. 77f). In der Studiengruppe III war kein Zusammenhang mittels Linearer Regression erkennbar ( $RK = 0,0048965$ ;  $p = 0,519$ ) (siehe Tabelle 12b, Abbildung 12b, S. 78).

In der Studiengruppe II konnte durch die Lineare Regression ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der jeweiligen Einheitszeit pro Beckenkammtransplantat und dem stattgefundenen Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten Knochentransplantat festgestellt werden ( $RK = 0,4331696$ ;  $p = 0,004$ ) (siehe Tabelle 13a, Abbildung 13a, S. 78f). Um einen genaueren



Zusammenhang zu ermitteln wurde in dieser Studiengruppe zudem eine Varianzanalyse mit dichotomisierten Werten für die verschiedenen Einheilzeiten (3-4 Monate, 4-5 Monate, 5-6 Monate, >6 Monate) durchgeführt. Der Höhenverlust betrug bei Transplantaten mit einer Einheilzeit von mehr als 6 Monaten 4,20 mm. Bei Transplantaten mit einer Einheilzeit von 3-4 Monaten betrug der Höhenverlust 2,45 mm, bzw. 2,04 mm bei einer Einheilzeit von 4-5 Monaten (siehe Tabelle 13b, S. 79). Der verstärkende Einfluss auf den Höhenverlust am Augmentat durch eine verlängerte Einheilzeit von mehr als 6 Monaten gegenüber Einheilzeiten von 3-4 bzw. 4-5 Monaten konnte mittels Post-Hoc-Vergleich nach Bonferroni als statistisch signifikant bestätigt werden ( $p = 0,005$ ;  $0,001$ ) (siehe Tabelle 13c, S. 79).

Im Gegensatz dazu ergibt die Lineare Regression keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Einheilzeit der Beckenkammtransplantate und dem Höhenverlust am Augmentat in der Studiengruppe III ( $RK = 0,0201152$ ,  $p = 0,686$ ) (siehe Tabelle 14a, Abbildung 13b, S. 79f). Es ist jedoch eine Tendenz für einen verstärkten Höhenverlust zu sehen, der mit einer verlängerten Einheilzeit einhergeht. Bei Transplantaten mit einer Einheilzeit von 3-6 Monaten waren hier durchschnittliche Höhenverluste von 2,09 mm zu verzeichnen, während sie bei Transplantaten mit einer Einheilzeit von mehr als 6 Monaten bei 2,52 mm lagen (siehe Tabelle 14b, S. 80).

Bei Patienten mit einer vorausgehenden parodontalen Erkrankung im Operationsgebiet und Patienten ohne bekannte Disposition zu parodontalen Erkrankungen zeigten sich in der Studiengruppe II ähnlich hohe Höhenverluste. In Studiengruppe III konnte bei Patienten mit einer vorausgehenden parodontalen Erkrankung im Operationsgebiet ein Höhenverlust von 2,14 mm festgestellt werden, während bei Patienten ohne bekannte Disposition zu parodontalen Erkrankungen sogar ausgeprägtere Höhenverluste von 2,30 mm festgestellt wurden. Ein signifikanter Einfluss von parodontalen Erkrankungen konnte weder für die Studiengruppe II ( $p = 0,5433$ ) noch für die Studiengruppe III ( $p = 0,4261$ ) statistisch bestätigt werden (siehe Tabelle 15a, 15b, S. 80f).

Bei Rauchern zeigte sich im Vergleich zu den Nichtrauchern in der Studiengruppe II ein verstärkter Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten

Beckenkammknochen. Bei den Rauchern betrug der Höhenverlust 3,34 mm während er bei den Nichtrauchern nur 2,50 mm betrug (siehe Tabelle 16a, S. 81). Diese Tendenz ließ sich auch in der Studiengruppe III feststellen. Hier war bei den Rauchern ein geringfügig höherer Höhenverlust von 2,33 mm als bei den Nichtrauchern, mit 2,21mm, festzustellen (siehe Tabelle 16b, S. 81). Ein signifikanter Einfluss des Rauchverhaltens ließ sich dabei weder in der Studiengruppe II ( $p = 0,0700$ ) noch in der Studiengruppe III ( $p = 0,3346$ ) statistisch bestätigen.

Die Lineare Regression ergibt in der Studiengruppe II einen statistisch signifikanten negativ linearen Zusammenhang zwischen der vertikalen Restknochenhöhe vor der Kieferkammaugmentation und dem Höhenverlust am aufgebauten Kieferkamm ( $RK = -0,2190996$ ;  $p = 0,025$ ) (siehe Tabelle 17a, Abbildung 14a, S. 82). Das bedeutet, dass bei einem niedrigen Restknochen-niveau später ein ausgeprägter Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten Beckenknochen-Transplantat festgestellt werden konnte. In Studiengruppe III geht tendenziell mit einer geringeren Restknochenhöhe ebenfalls ein verstärkter Höhenverlust einher ( $RK = -0,0535985$ ). Diese Tendenz ist hier jedoch nicht statistisch signifikant ( $p = 0,173$ ) (siehe Tabelle 17b, Abbildung 14b, S. 82).

In der Studiengruppe II und auch in der Studiengruppe III ist ein signifikanter Einfluss der vertikalen Knochenhöhe des auf- bzw. eingelagerten Beckenknochen-Transplantates auf den Höhenverlust erkennbar. Je mehr Knochen aufgebaut wurde desto größer fiel der Höhenverlust aus. (Studiengruppe II:  $RK = 0,222707$ ,  $p = 0,000$ ; Studiengruppe III:  $RK = 0,1443511$ ,  $p = 0,001$ ) (siehe Tabelle 18a, 18b, Abbildung 15a, 15b, S. 83).

Zusammenfassend ist festzustellen, dass das Patientengeschlecht, das Patientenalter sowie die parodontale Vordiagnose keinen Einfluss auf den Höhenverlust am aufgebauten Kieferkamm ausübten. Bei Rauchern konnte in der Studiengruppe II und in der Studiengruppe III ein verstärkter Höhenverlust am aufgebauten Kieferkamm festgestellt werden. Diese Tendenz erwies sich jedoch nicht als statistisch signifikant. In der Studiengruppe II konnte bei einer

längeren Einheitszeit (ab 6 Monaten) ein gesteigerter Höhenverlust statistisch belegt werden. Zudem konnte in dieser Studiengruppe eine Korrelation zwischen einer niedrigen Restknochenhöhe und einem daraus folgenden ausgeprägteren Höhenverlust als statistisch signifikant bestätigt werden. In der Studiengruppe II sowie in der Studiengruppe III war ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der vertikalen Höhe des auf- bzw. eingelagerten Beckenkammknochens und einem dementsprechend verstärkten Höhenverlust erkennbar. Für die Studiengruppe II lässt sich schlussfolgern, dass der Höhenverlust am aufgebauten Kieferkamm mit steigender Augmentathöhe zunimmt.

## 4 Diskussion

Trotz intensiver Forschung im Bereich des tissue engineering ist es noch immer nicht möglich gezüchteten Knochen im klinischen Alltag zu verwenden. So gilt der Knochenaufbau im Ober- bzw. Unterkiefer mit freien autogenen Knochen- transplantaten bis heute als „Goldstandard“ in der präimplantologischen dento- alveolären Chirurgie, da nur dieser einen hohen Gehalt an vitalen Zellen und Wachstumsfaktoren aufweist und darüber hinaus als einziges Knochenersatz- material über osteogenetische, osteoinduktive sowie osteokonduktive Eigen- schaften verfügt. Dabei stellt der Höhenverlust des auf- bzw. eingelagerten Beckenkammknochens, zumeist bedingt durch Resorption, nach wie vor ein Problem dar, welches immer wieder zu kontroversen Diskussionen führt.

Unter Berücksichtigung möglicher Einflussfaktoren, die sich auf eine chirurgische Augmentation mit Beckenkammknochen auswirken können wurden im Rahmen dieser Studie die klinischen und radiologischen Daten von 61 Patienten retrospektiv erfasst und ausgewertet. Bei allen 61 Patienten lag ein stark atro- phierter Ober- und/ oder Unterkiefer als Ausgangssituation vor, weshalb ein prä- implantologischer Kieferkammaufbau vor Implantat-Insertion zwingend erforder- lich war. In Folgeeingriffen konnten dann später insgesamt 215 Implantate in diese 95 zuvor augmentierte Regionen inseriert werden. Als aufbauende Maßnahmen wurde eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungs- osteoplastik und/ oder eine Auf- und Anlagerungsosteoplastik von avaskulärem autogenem Beckenkammknochen durchgeführt.

### 4.1 Bewertung des Höhenverlustes der Beckenkamm-Transplantate

Die mittlere Einheilzeit für die auf- bzw. eingelagerten Beckenknochen- transplantate betrug im Patientenkollektiv 4,9 Monate mit einem 95%-Konfidenz- intervall von 3,0 bis 7,1 Monaten. Die prozentual höchsten Höhenverlusten, innerhalb der Einheilzeit der Augmentate von 5,3 Monaten, waren bei reiner Auf- und Anlagerungsosteoplastik am Kieferkamm zu beobachten. Hier war der aufgelagerte Knochen durchschnittlich um 24,93% (2,23 mm) reduziert worden. Dabei betrug der Höhenverlust im Oberkiefer 23,25% (2,1 mm) und im Unterkiefer 27,73% (2,4 mm). Der geringste Höhenverlust, innerhalb einer

durchschnittlichen Einheilzeit von 4,1 Monaten, mit 16,90% (2,00 mm) am auf- bzw. eingelagerten autogenen freien Beckenkammknochen war im Gesamtpatientenkollektiv nach alleiniger externer Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik zu beobachten. Einen mittleren Höhenverlust von 19,15% (2,75 mm) des auf- bzw. eingelagerten Knochens, innerhalb der Einheilzeit von durchschnittlich 4,5 Monaten, wiesen Patienten auf, deren Kieferkamm durch eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik und zusätzlicher Auf- und Anlagerungsosteoplastik augmentiert worden war.

Meij und Mitarbeiter (2005) geben einen durchschnittlichen Höhenverlust von 15% der auf- bzw. eingelagerten Beckenknochen-Transplantate in einem Nachbeobachtungszeitraum von 4 Jahren an. Diese vergleichsweise niedrigeren Werte lassen sich auch damit in Zusammenhang bringen, dass die Implantate während der Kieferkammaugmentation in einem Eingriff gesetzt wurden. Die damit verbundene früher mögliche funktionelle Knochenbelastung führt zu weniger stark ausgeprägten Höhenverlusten am augmentierten Knochen (Meij et al. 2005, Verhoeven et al. 2002). In dieser Studie wurde zudem ausschließlich im Unterkiefer Knochen aufgebaut. Die Knochenqualität des Unterkiefers ermöglicht laut den Autoren ein besseres Einheilvermögen und einen damit verbundenen geringeren Höhenverlust der eingelagerten Knochen-Transplantate (Cordaro et al. 2002, Rodoni et al. 2005, Meij et al. 2005). Smolka und Mitarbeiter (2006) geben nach einer mittleren Einheilzeit von 6 Monaten einen Höhenverlust von 16,2% der Knochen-Transplantate an. Nach einem Jahr betrug der durchschnittliche Höhenverlust 19,2%. Diese, im Vergleich zu unseren, niedrigeren Werte lassen sich dadurch erklären, dass in den Studien von Smolka und Mitarbeitern der atrophierte Kieferknochen mittels autogenem Knochen aus der Schädelkalotte aufgebaut worden war. Bei enchondralem Knochen ist auf Grund des niedrigeren Spongiosaanteils ein geringerer Höhenverlust zu erwarten als bei membranösem Knochen vom Beckenkamm (Goldberg und Stevenson 1987, Alonso et al. 1995, Ewers 2008). Deutlich höhere Werte für den Höhenverlust am auf- bzw. eingelagerten autogenen Beckenknochen geben Johansson und Mitarbeiter (1999) innerhalb eines Nachbeobachtungszeitraums von 3 Jahren an. Der auf-

gebauten Knochen wies hier einen Höhenverlust von 47% auf. Diese hohen Werte bringen sie mit dem großen aufgelagerten Transplantatvolumen in Verbindung. Mit zunehmender Transplantat-Dimension steigt auch der Höhenverlust (Johansson et al. 1999). Zudem waren 15 der 39 untersuchten Patienten Raucher, was wiederum die Wundheilung beeinträchtigen sowie den Knochenabbau verstärken kann. Sbordone und Mitarbeiter (2009) geben ein Jahr nach Kieferknochenaufbau einen Höhenverlust von 42% der Beckenknochen-Transplantate im Oberkiefer an. Im Unterkiefer geben sie sogar erhöhte Werte von durchschnittlich 59% nach dem ersten Jahr an. Diesen ausgeprägten Höhenverlust stellen sie in Zusammenhang mit der zumeist großen aufgelagerten Dimension der Transplantate bei geringen Restknochenhöhen der Transplantat-Empfängerregion (Sbordone et al. 2009). Studien von Bell und Mitarbeitern aus dem Jahr 2002 ergeben einen durchschnittlichen Höhenverlust von 33% des auf- bzw. aufgelagerten Beckenknochens nach 4-6 Monaten Einheilzeit. Nach einer Einheilzeit von 6 Monaten geben Verhoeven und Mitarbeiter (2000) einen Höhenverlust von 25% an. Innerhalb eines Nachbeobachtungszeitraumes von 2,5 Jahren finden sie Werte von 36% Höhenverlust am Augmentat (Verhoeven et al. 1997). Widmark und Mitarbeiter (1997) als auch Wiltfang und Mitarbeiter (2005) geben einen Höhenverlust von 20-25% am aufgelagerten autogenen Knochen an. Die in der vorliegenden Studie ermittelten Werte für den Höhenverlust am aufgelagerten autogenen avaskulären Beckenknochen-Transplantat liegen damit im mittleren Bereich der Werte für den Höhenverlust von Augmentaten, die in der Literatur zu finden sind.

Auch Wiltfang und Mitarbeiter konnten in einer Studie aus dem Jahr 2005 feststellen, dass bei einer reinen Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik niedrigere Höhenverlustraten zu erwarten sind als bei einem Knochenaufbau mittels Auf- und Anlagerungsosteoplastik (Wiltfang et al. 2005). Das führten sie auf die geschützte Einheilung des Knochen-Transplantates ohne jegliche mechanische Belastung zurück. Sie gaben dabei Werte für den Höhenverlust am eingelagerten autogenen Knochen von weniger als 20% an. Auch Jansen und Mitarbeiter (1993) finden Höhenverlustraten von 15% am eingelagerten autogenen Knochen. Reinert und Mitarbeiter können in ihren Studien aus dem Jahr 1999

eine deutlich niedrigere Höhenverlustrate von nur 7% feststellen. Das führen sie auf die verwendete schonende Operationstechnik mit zusätzlicher Komprimierung von Spongiosa unter dem eingelagerten Knochenblock zurück (Reinert et al. 1999). Johansson und Mitarbeiter (1999) konnten dem gegenüber deutlich stärkere Höhenverluste von bis zu 49,5% feststellen. Dieses Ergebnis begründen sie dadurch, dass in die Studie lediglich Patienten miteinbezogen wurden, die ein stark reduziertes Restknochenniveau aufwiesen. Mit sinkender Restknochenhöhe steigt auch der stattfindende Knochenabbau an (Johansson et al. 1999). Auch wegen des dadurch notwendig werdenden größeren Transplantatvolumens ist mit stärker ausgeprägten Höhenverlusten zu rechnen (Johansson et al. 1999).

Für eine Kombination aus Knochenan- bzw. -auflagerung am Kieferkamm zusammen mit einer Knocheneinlagerung in die Kieferhöhle fanden Reinert und Mitarbeiter (2003) Werte für den Höhenverlust von 9,3% am autogenen Beckenknochen-Transplantat. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug hier 4-6 Monate. Jansen und Mitarbeiter geben Knochenabbauraten von etwas unter 15% an (Jansen et al. 1993). Schmelzeisen und Mitarbeiter (1991) berichten von einem durchschnittlichen Knochenhöhenverlust von 16% bei autogenen Beckenknochen-Transplantaten. Dieses im Vergleich zur vorliegenden Untersuchung bessere Abschneiden ist darauf zurückzuführen, dass hier nur der Höhenverlust nach Implantat-Insertion untersucht wurde. Die kritische frühe Phase der unbelasteten Transplantat-Einheilung wurde dabei nicht berücksichtigt (Schmelzeisen et al. 1991). Nyström und Mitarbeiter (2002) konnten in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren einen Höhenverlust am ein- und gleichzeitig aufgelagerten Beckenkammknochen von 19,3% feststellen. Auch wenn der Nachbeobachtungszeitraum deutlich über dem unserer Studie liegt ist ein Vergleich hier durchaus möglich, da der Knochenabbau nach dem ersten Jahr deutlich abnimmt und beinahe der physiologischen Resorption am nativen Knochen gleichkommt (Johansson et al 1999, Verhoeven et al. 2000, Becktor et al. 2004). Der längere Nachbeobachtungszeitraum wirkt sich also nicht zwingend deutlich verstärkend auf den Höhenverlust an Knochentransplantaten aus. Cordaro und Mitarbeiter (2010) konnten nach Knochenauflagerungsosteoplastik in Kombination mit Ein-

lagerungsosteoplastik in den Sinusboden, nach einer viermonatigen Einheilzeit, einen Knochenabbau von 34% feststellen. Hier wurde bei insgesamt 16 Patienten transoral Knochen der vom Unterkiefer entnommen wurde ein- bzw. aufgelagert. Zusammenfassend liegen bei der Operationsmethode Knochenan- bzw. -auflagerung in Kombination mit einer Knocheneinlagerung in die Kieferhöhle unsere Studienergebnisse im mittleren Bereich der Werte die in der Literatur zu finden sind.

Berücksichtigung fand in der vorliegenden Studie auch der Zusammenhang zwischen bestimmten Einflussparametern und dem stattgefundenen Höhenverlust. Ein signifikanter Einfluss von Patientenalter, Patientengeschlecht, der parodontalen Vordiagnose und dem Rauchverhalten auf den Knochenabbau konnte nicht festgestellt werden. Um darüber wirklich fundierte Aussagen treffen zu können bedarf es jedoch Studien mit größeren Fallzahlen.

Nach Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit An- und Auflagerungsosteoplastik konnte ein statistisch signifikanter Einfluss einer verlängerten Einheilzeit der Beckenknochen- bzw. Beckenknorpeltransplantate von mehr als 6 Monaten auf den stattgefundenen Höhenverlust festgestellt werden. Bei einer Einheilzeit von 3-5 Monaten betrug der Höhenverlust 2,45 mm bzw. 2,04 mm während er bei einer Einheilzeit von mehr als 6 Monaten bereits durchschnittlich 4,20 mm betrug. Nach alleiniger An- und Auflagerung von Knochen konnte diese Tendenz ebenfalls festgestellt, jedoch nicht statistisch bestätigt werden. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Berichten aus der Literatur. Hier wird eine Einheildauer des Knochen- bzw. Beckenknorpeltransplantats von 4-6 Monaten empfohlen. Da der nicht belastete Knochen über eine relativ kurze Zeitspanne abgebaut wird, sollte nach den funktionellen Einbauvorgängen des Transplantates eine baldige funktionelle Belastung hergestellt werden (Reichart et al. 2002, Johannson et al. 1999). Auch Schlegel und Mitarbeiter konnten in ihrer Studie aus dem Jahr 2003 feststellen, dass mit einer verlängerten Einheilzeit auch ein verstärkter Knochenabbau am autogenen Knochen- bzw. Beckenknorpeltransplantat einhergeht. So betrug der Höhenverlust nach 90 Tagen 3,8%, während er nach 180 Tagen bereits 39,8%  $\pm$ 16,14% betrug (Schlegel et al. 2003).



Der vitale autologe Knochen besitzt immer noch die besten Voraussetzungen für ein erfolgreiches Einheilen. Die Überlebenschance eines avaskulären autogenen Knochentransplantats wird entscheidend beeinflusst durch die Qualität der Empfängerregion (Reichart et al. 2002). Die Fragestellung ob die präoperativ vorhandene Restknochenhöhe einen Einfluss auf den gemessenen periimplantären Knochenabbau ausübt sollte in dieser Studie statistisch geprüft werden. Hierzu wurden die im Rahmen der Nachuntersuchung angefertigten Orthopantomogramme vermessen, der Knochenabbau ermittelt und in Bezug zur präoperativ vorhandenen Restknochenhöhe gesetzt. Dabei konnte gezeigt werden, dass bei Patienten deren Kieferkamm mittels einer kombinierten Sinusbodenelevation mit Knochenein-, -auf- und -anlagerung aufgebaut worden war, die Restknochenhöhe sich signifikant auf den stattfindenden Höhenverlust am Augmentat auswirkte. Je höher der Restknochen vor der Kieferkammerhöhung war, desto geringer fiel der spätere Höhenverlust während der Einheildauer der Augmentate aus. Geringe Restknochenhöhen hatten hier einen ausgeprägteren Knochenabbau zur Folge. Bei Patienten deren Kieferkamm durch eine Knochenan- und -auflagerungsosteoplastik aufgebaut worden war konnte hinsichtlich der Restknochenhöhe kein statistisch signifikanter Einfluss auf den Knochenabbau festgestellt werden. Aber auch hier zeigt sich die Tendenz eines negativ linearen Zusammenhangs zwischen der Restknochenhöhe des Augmentatlagers und dem stattfindenden Höhenverlust am Augmentat. Auch Johannson und Mitarbeiter (1999) sowie Sbordone und Mitarbeiter (2009) bestätigen in ihren Studien, dass bei einer geringeren Restknochenhöhe der Transplantat-Empfängerregion mit verstärkten Knochenabbauraten zu rechnen ist.

Diese Beobachtungen sind direkt mit dem Umstand verknüpft, dass bei einer geringeren Restknochenhöhe ein größeres Augmentationsvolumen benötigt wird. Es konnte im Gesamtkollektiv der 61 Patienten festgestellt werden, dass auch mit der Größe des Augmentationsvolumens ein signifikant verstärkter Höhenverlust am Knochentransplantat einherging. Auch Johannson und Mitarbeiter konnten dies in ihrer Studie von 1999 bestätigen.

## 4.2 Bewertung der Implantat-Überlebensrate

Ein weiteres Augenmerk lag in der hier vorliegenden Studie auf der Implantat-Überlebensrate. Bei den 61 nachuntersuchten Patienten wurden im Zeitraum von Januar 2001 bis Dezember 2008 in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Ludwig-Maximilians-Universität München insgesamt 215 Implantate inseriert, 12 davon nach einer externen Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik, 66 nach einem Kieferkammaufbau durch eine externe Sinusbodenelevation mit Ein-, An- und Auflagerungsosteoplastik und 137 nach reiner An- bzw. An- und Auflagerungsosteoplastik. Der Nachbeobachtungszeitraum nach der Implantation betrug dabei mindestens 13 Monate.

Der Langzeiterfolg stellt einen wichtigen Parameter zur Bewertung einer Therapieform dar. Die Beurteilung eines Implantates hinsichtlich seines Erfolges nach dem Kriterium „in situ“ beziehungsweise „explantiert“ ist dabei eindeutig und auch vom Zeitpunkt des Ereignisses genau feststellbar. Die höchste Implantat-Überlebensrate konnte mit 97,1% nach alleiniger An- und/oder Auflagerungsosteoplastik festgestellt werden. Nach Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik in Kombination mit An- und/oder Auflagerungsosteoplastik konnte eine Überlebensrate der Implantate von 93,9% festgestellt werden. Die geringste Überlebensrate mit 91,7% wiesen Implantate auf, die nach alleiniger Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik gesetzt wurden. Dieses Ergebnis muss jedoch aufgrund der geringen Anzahl an Patienten, bei denen der Kieferkamm mittels alleiniger Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik aufgebaut worden war (n Patienten = 5), mit äußerster Zurückhaltung betrachtet werden. Der Beobachtungszeitraum nach der Implantation betrug hier mindestens 13 Monate.

In der Literatur findet man die geringsten Überlebensraten für Implantate, die nach Kieferkammaufbau mittels Auf- und Anlagerungsosteoplastik gesetzt wurden. Lekholm und Mitarbeiter berichten in ihren Studien von 2002 von einer Überlebensrate von 80%. Astrand und Mitarbeiter (1996) sowie Nyström und Mitarbeiter (2002) berichten von deutlich niedrigeren Überlebensraten von gerade mal 75%. Dieses deutlich schlechtere Ergebnis lässt sich jedoch auch durch den längeren Nachbeobachtungszeitraum von 3 bis 5 Jahren erklären.

Zudem wurde in diesen Studien jeweils ein einzeitiges Verfahren von Kieferkammaufbau und Implantation durchgeführt, welches vermehrt zu Frühverlusten führt (Astrand et al. 2002, Lekholm et al. 2002, Nyström et al. 2004). Schliephake und Mitarbeiter berichten in ihrer Studie von 1997 von einer Implantat-Überlebensrate von 89,3% für Implantate, die in den mit Auflagerungsosteoplastik augmentierten Kieferkamm gesetzt wurden. Dieses gute Abschneiden führen sie darauf zurück, dass hier nur die Implantate, die in den aufgebauten Unterkiefer gesetzt wurden, berücksichtigt wurden. Auf Grund der besseren Knochenqualität im Unterkiefer im Gegensatz zum Oberkiefer ist hier mit einer höheren Überlebensrate für Implantate zu rechnen (Schliephake et al. 1997).

Bei einem kombinierten Vorgehen von Knochenauflagerung und Einlagerungsosteoplastik von Beckenkammknochen berichten Lundgren und Mitarbeiter (1997) und auch Schliephake und Mitarbeiter (1997) in einem Nachbeobachtungszeitraum von 1,5 Jahren von einer Implantat-Überlebensrate von 83%. Nyström und Mitarbeiter (2004) berichten sogar in einem Nachbeobachtungszeitraum von 10 Jahren von einer 83%igen Überlebensrate. Nach 5 Jahren konnten Becktor und Mitarbeiter (2004) hier noch eine Überlebensrate von 75,1%, Schliephake und Mitarbeiter (1997) von 67,8% und Lekholm und Mitarbeiter (2002) von 60% feststellen. Auch dieses schlechtere Abschneiden der Implantat-Überlebensrate kann mit einem einzeitigem Vorgehen von Kieferkamm-Aufbau und Implantation in Verbindung gebracht werden. Aber auch durch den längeren Nachbeobachtungszeitraum erhöht sich die Rate für Implantat-Verluste (Schliephake et al. 1997, Lekholm et al. 2002).

Nach alleiniger Einlagerungsosteoplastik von Beckenkammknochen in den Kieferhöhlenboden berichten Lundgren und Mitarbeiter (1997) von einer Implantat-Überlebensrate von 83% nach einem Jahr und Lekholm und Mitarbeiter von 83% nach 18 Monaten. Hürzeler und Mitarbeiter (1996) fanden eine Implantatüberlebensrate von sogar 98,8% in einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren. Hier war eine Mischung aus autogenem Knochen mit bovinen Knochenaufbaumaterialien (z.B. Bio Oss) in die Kieferhöhle, entweder mittels

externem oder internem Vorgehen, eingelagert worden. Unsere im Vergleich zur Literatur meist höhere Implantat-Überlebensrate hängt wohl auch mit dem kürzeren Nachuntersuchungszeitraum von nur 13 bis maximal 17 Monaten nach Implantation zusammen. Da die meisten Implantatverluste jedoch im ersten Jahr nach Implantation zu verzeichnen sind (Johansson et al. 1999, Lekholm et al. 1999, O'Mahony und Spencer 1999, Naert et al. 2000, Becktor et al. 2004) kann man das Studienergebnis hier im mittleren Bereich der in der Literatur angegebenen Werte für Implantat-Überlebensraten einordnen.

Vergleichend hierzu findet man in der Literatur Werte für die Implantat-Überlebensrate im originären nicht augmentierten Knochen von 84% bis 98,7% bei Nachuntersuchungszeiträumen zwischen 2 und 8 Jahren (Albrektsson et al. 1986, Adell et al. 1990, Lekholm et al. 1994, Buser et al. 1997, Testori 2001, Weibrich und Al-Nawas 2001, Lekholm et al. 2002, Nyström et al. 2002, Wallace und Froum 2003, Becktor et al. 2004, Del Fabbro et al. 2004, Hermann et al. 2005, Heberer et al. 2008). Bei den 215 Implantaten dieser Studie lag der retrospektive Nachuntersuchungszeitraum bei mindestens 13 bis maximal 17 Monaten. Die Implantatprognose lag in diesem Zeitraum nahe an den Werten für die Prognose von Implantaten, die im nativen Knochen gesetzt werden. Für eine vergleichende Langzeitprognose der Implantat-Überlebensrate wären hier allerdings Studien mit längeren Nachuntersuchungszeiträumen nötig.

Zusammenfassend ist als Ergebnis dieser retrospektiven Untersuchung festzuhalten, dass nach einem Aufbau des atrophen Kiefers mittels Auflagerungsosteoplastik und/oder Knocheneinlagerung in die Kieferhöhlen am auf- bzw. eingelagerten avaskulären Knochen aus dem Beckenkamm ein Höhenverlust von 16,9% bis 24,93% beobachtet wurde. Es konnte eine hohe Implantat-Überlebensrate (91,7% bis 97,1%) von Implantaten, die in diese augmentierten Regionen inseriert wurden, festgestellt werden. Die guten Ergebnisse der Studie bestätigen somit die Wahl des autogenen Beckenkammtransplantats als „Goldstandard“ für einen Aufbau des extrem atrophierten Ober- als auch Unterkiefer.

## 5 Zusammenfassung

Der Knochenaufbau bei ausgedehnter Alveolarfortsatzatrophie mittels autogenem avaskulären Beckenkammtransplantat stellt bis heute den „Goldstandard“ in der augmentativen präimplantologischen Chirurgie dar. Die Verwendung autogener Knochentransplantate vom Beckenkamm wird jedoch wegen der Entnahmemorbidität und der zum Teil ausgeprägten postaugmentativen Resorptionen kritisch betrachtet. Allerdings ist bis zum heutigen Tage weder synthetisch noch biologisch ein gleichwertiger Ersatz verfügbar.

In der vorliegenden Studie wurden die Daten von insgesamt 61 Patienten retrospektiv untersucht, bei denen auf Grund einer ausgeprägten Atrophie des Ober- bzw. Unterkiefers ein Kieferkammaufbau vor einer Implantat-Insertion erforderlich war, um ein stabiles Implantatlager zu erreichen. Der Knochenaufbau erfolgte entweder als An- bzw. Auflagerungsosteoplastik und/ oder durch eine externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik abhängig vom jeweiligen Knochendefekt. Es wurde dabei ausschließlich autogener avaskulärer Knochen vom Beckenkamm verwendet. Nach einer durchschnittlichen Einheilzeit der Knochentransplantate von 4,9 Monaten wurden in Folgeeingriffen insgesamt 215 Implantate gesetzt.

Es konnte gezeigt werden, dass die Knochentransplantate gut einheilten, jedoch einer deutlichen Volumenminderung (Höhenverlust) im Laufe der Einheilzeit unterlagen. Nach der Knocheneinheilung zeigten sich bei Patienten deren Kiefer mittels alleiniger An- und Auflagerungsosteoplastik aufgebaut worden war Abbauraten von 24,93% am aufgelagerten Knochen. Dabei betrug der Knochenabbau im Oberkiefer 23,25% während er im Unterkiefer 27,73% ausmachte. Die Abbaurate nach externer Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik und zusätzlicher Auf- und Auflagerungsosteoplastik lag bei 19,15%. Der geringste vertikale Höhenverlust mit 16,90% trat bei einem Kieferkammaufbau durch alleinige externe Sinusbodenelevation mit Einlagerungsosteoplastik auf. Somit bleibt festzustellen, dass die Auflagerungsosteoplastik die höchste Abbaurate hat. Dabei zeigten weder ein Nikotin-Abusus noch der Parodontalstatus vor der Augmentation einen signifikanten Einfluss auf

den Höhenverlust. Es konnte jedoch festgestellt werden, dass eine verlängerte Einheilzeit von mehr als 6 Monaten sich begünstigend auf den stattfindenden Höhenverlust am Knochentransplantat auswirkt. Da der Höhenverlust nach einer Einheilzeit des augmentierten Beckenknochens von 6 Monaten bereits deutlich vermindert ist, kann man davon ausgehen, dass der optimale Zeitpunkt für die Implantat-Insertion nach einer Einheilzeit von 3 bis 5 Monaten gegeben ist. Im Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 13 bis maximal 17 Monaten nach Implantation kam es bei 5 der 61 Patienten zu einem Implantatverlust. Insgesamt mussten 9 der 215 inserierten Implantate entfernt werden. Dies entspricht einer Überlebensrate der im augmentierten Kiefer inserierten Implantate von 95,8%. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Literaturangaben bezüglich Implantaten die in augmentierte Knochenbereiche inseriert wurden. Implantate die in den originären Knochen gesetzt werden weisen eine etwas höhere Überlebensrate auf.

Abschließend kann festgestellt werden, dass bei großen Knochendefekten die Augmentation mit autogenen avaskulären Beckenkammtransplantaten eine erfolgversprechende etablierte Behandlungsmethode darstellt. Wie die hier vorgelegten Daten zeigen weisen die Implantate, die in ein freies avaskuläres autogenes Beckenkammknochentransplantat inseriert wurden, eine hohe Überlebensrate auf.

## 6 Literatur

ACKERMANN KL

Externe/Interne Sinusbodenelevation und –augmentation;  
Z Zahnärztl Impl 24, 2008: 145-147

ADELL R, LEKHOLM U, ROCKLER B, BRÄNEMARK PI

A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw;  
Int J oral surg 10, 1981

ADELL R, ERIKSSON B, LEKHOLM P, BRÄNEMARK PI, JEMT T

Long-term follow-up study of osseointegrated implants in the treatment of totally edentulous jaws;  
Int J Oral Maxillofac Implants. 5, 1990: 347-59

ALBREKTSSON T, ZARB G, WORTHINGTON P, ERICSON RA

The long-term efficiency of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success;  
Int J Oral Maxillofac Impl 1, 1986: 11

ALONSO N, MACHADO DE ALMEIDA O, JORGETTI V

Cranial versus iliac onlay bone grafts in the facial skeleton: a macroscopic and histomorphometric study;  
J Craniofac Surg 6, 1995: 113-118

ARAUJO MG, SONOHARA M, HAYACIBARA R, ET AL.

Lateral ridge augmentation by the use of grafts comprised of autologous bone or a biomaterial. An experiment in the dog;  
J Clin Periodontol 29, 2002: 1122-1131

ASTRAND P, GUNNAR NORD P, BRÄNEMARK PI

Titanium implants and onlay bone graft to the atrophic edentulous maxilla: A 3-year longitudinal study;  
Int J Oral Maxillofac Surg 25 (1), 1996: 25-29

AXMANN D, D'HOEDT B, SCHULTE W

Eine Methode zur quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung des periimplantären Knochenabbaus;  
Stomatologie 92 9, 1995: 463

BAIN CA, MOY PK

The association between the failure of dental implants and cigarette smoking;  
Int J Oral Maxillofac Impl 8(6), 1993: 609-615

BAUMGARTEN S

Behandlung von großen Knochendefekten - Einsatz eines mineralisierten, lösungsmittelkonservierten Block-Allograft;  
Implantologie Journal 4, 2009: 24-32

BECKTOR JP, ISAKSSON S, SENERBY L

Survival analysis of endosseous implants in grafted and nongrafted edentulous maxillae;  
Int Journal of Oral and Maxillofac Impl 19, 2004: 107-115

BEHNEKE A, BEHNEKE N, WAGNER W

Klinische Ergebnisse mit transgingival inserierten enossalen Implantaten (Bonefit-System);  
Z Zahnärztl Implantol 8, 1992: 97

- BEHNEKE A, BEHNEKE N  
 Recall und Nachsorge; In: Koeck B, Wagner W (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 13. Implantologie, Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore, 1996: 274
- BEHNEKE A, BEHNEKE N  
 Korrelation und Prädikation klinischer und radiologischer Parameter enossaler Implantate. Ergebnisse anhand einer Longitudinalstudie über 7 Jahre;  
 Z Zahnärztliche Implantol 15, 1999: 209-215
- BEHNEKE A, BEHNEKE N  
 Recall und Nachsorge. In: Koeck, B., Wagner, W.: Implantologie - Praxis der Zahnheilkunde; Urban & Fischer-Verlag, München, 2004: 316-330
- BELL RB, BLAKEY GH, WHITE RP, HILLEBRAND DG, MOLINA A  
 Staged reconstruction of the severely atrophic mandible with autogenous bone graft and endosteal implants;  
 J Oral Maxillofac Surg 60 (10), 2002: 1135-1141
- BERGENDAHL T, ENGQUIST B  
 Implant-supported overdentures: A longitudinal prospective study;  
 Int J Oral Maxillofac Impl 13, 1998: 253-262
- BERGLUNDH T, LINDHE J, JONNISON K, ET AL  
 The topography of the vascular system in the periodontal and peri-implant tissues in the dog;  
 J Clin Periodontol 21, 1994: 189-193
- BERGLUNDH T, LINDHE J  
 Dimension of the periimplant mucosa. Biological width revisited;  
 J Clin Periodontol 23, 1996: 971-973
- BERGLUNDH T, LINDHE J  
 Healing around implants placed in bone defects treated with Bio Oss;  
 Clin Oral Implants Res 8, 1997: 117-124
- BRÄGGER U, HUGEL-PISONI C, BURGİN W, BUSER D, LANG NP  
 Correlations between radiographic, clinical and mobility parameters after loading of oral implants with fixed partial dentures. A 2-year longitudinal study;  
 Clin Oral Implants Res. 7, 1996: 230-9
- BRÅNEMARK PI, HANSSON BO, ADELL R, BREINE U, LINDSTROM J, HALLEN O, ÖHMANN A  
 Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period;  
 Scand J Plast Reconstr Surg 16, 1977: 1-132
- BUSER D, SCHROEDER A, SUTTER F, LANG NP  
 Das neue ITI-Implantatkonzept – Indikationen und klinische Aspekte;  
 Quintessenz 40, 1989: 17
- BUSER D, BRÄGGER U, LANG NP, ET AL  
 Regeneration and enlargement of jaw bone using guided tissue regeneration;  
 Clin Oral Implants Res 1, 1990: 22-32
- BUSER D, WEBER HP, LANG NP  
 Tissue integration of non-submerged implants. One-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-screen and hollow-cylinder implants;  
 Clin Oral Implants Res 1, 1990: 33-40



BUSER D, MERICSKE-STERN R, BERNARD JP, BEHNKE A, BEHNKE N, HIRT HP, BELSER UC, LANG NP  
Long-term evaluation of non-submerged ITI implants. Part 1: 8-year life table analysis of a prospective multi-center study with 2359 implants;  
Clin Oral Implants Res 8, 1997: 161-172.

CAWOOD IL, HOWELL RA  
A classification of the edentulous jaws;  
Int J Oral Maxillofac Surg 17, 1988: 232

CORDARO L, SARGI AD, CORDARO M  
Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibula block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement;  
Clin Oral Implants Res 13, 2002: 103-111

CORDARO L, TORSELLO F, ACCORSI RIBEIRO C, LIBERATORE M, MIRISOLA DI TORRESANTO V  
Inlay–onlay grafting for three-dimensional reconstruction of the posterior atrophic maxilla with mandibular bone;  
Int J Oral Maxillofac Surg 39 (4), 2010: 350-357

COX JF, ZARB GA  
The Longitudinal clinical efficacy of osseointegrated dental implants: A 3–year report;  
Int J Oral Maxillofac Implants 2, 1987: 91-100

DAVIS WH, RYDEVIK B, LUNDBORG G, DANIELSEN N, HAUSAMEN JE, NEUKAM F  
Mobilization of the inferior alveolar nerve to allow placement of osseointegratable fixtures. In: Worthington P, Brånemark P-I, Advanced Osseointegration surgery: applications in the maxillo-facial region;  
Quintessece, Chicago; 1999: 129-144

DE BRUYN H, COLLAERT B  
The effects of smoking on early implant failures;  
Clin Oral Impl Res 5, 1994: 260-264

DEL FABBRO MT, TESTORI T, FRANGETTI L, WEINSTEIN R  
Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus;  
Int J Periodontics Restorative Dent. 24, 2004: 565-77

DONATH K, HILLMANN G, EHRENFELD M, RIEDIGER D  
Enossale Einheilung Tübinger Implantate in frei und gefäßgestielt replantierte Beckenkammsegmente: Eine tierexperimentelle Studie;  
Z Zahnärztl Implantol 7, 1991: 58-61

ESPOSITO M, HIRSCH JM, LEKHOLM U, THOMSEN P  
Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants, (I). Success criteria and epidemiology;  
European Journal of Oral Sciences 106, 1998: 527-551

ESSER E  
Implantate in Kombination mit Osteoplastiken im hochatrophischen Kiefer – Sekundäre Insertion;  
Implantol 3, 1999: 173-191

ESSER E, NEUKIRCHEN S, WAGNER W  
Vergleichende Untersuchungen von Brånemark®-Implantaten im bestrahlten und nicht bestrahlten Unterkiefer;  
Mund Kiefer GesichtsChir 3, 1999: 125-129

EWERS R  
Implantatchirurgie; in: Lambrecht JT, Zahnärztliche Operationen; Quintessenz-Verlags-GmbH;  
Berlin, 2008: 271-378

EWERS R  
Knochenersatz oder Knochenregeneration - der feine Unterschied;  
Implantologie Journal 8, 2009: 48-52

FONSECA RJ, CLARK PJ, BURKES EJ, JR., ET AL.  
Revascularization and healing of onlay particulate autologous bone grafts in primates;  
J Oral Surg 38, 1980: 572-577

GOLDBERG VM, STEVENSON S  
Natural history of autografts and allografts;  
Clin Orthop Relat Res 1987: 7-16

HÄRLE F  
Atlas der präprothetischen Operationen;  
Hanser Verlag, München, 1989

HAUSAMEN J, SCHLIEPHAKE H  
Präprothetische Chirurgie. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg): Zahnärztliche Chirurgie Band  
III, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2000: 105-125

HEBERER S, HOHL M, SEMPER W, WILLER J, NELSON K  
Rehabilitation von Patienten mit extrem atrophierten Kiefern mittels Implantatinsertion nach  
Augmentation von autologem Beckenknochen; In Stomatologie 2008  
Springer Verlag Austria, 2008: 57-62

HEBERER S, NELSON K  
Erste klinische Ergebnisse einer prospektiven Multicenter-Studie zur Versorgung  
zahnloser Patienten mit Wi.tal® Implantaten;  
Abstract - 22. DGI-Kongress Frankfurt, 2008

HELLWIG E, KLIMEK J, ATTIN T  
Einführung in die Zahnerhaltung;  
Deutscher Zahnärzteverlag Köln 5, 2009: 519f

HERMANN F  
Die geschlossene Sinusbodenelevation – minimalinvasive Technik in der Evolution;  
Implantologie Journal 2, 2009: 20-22

HERMANN I, LEKHOLM U, HOLM S, KULTJE C  
Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic  
factors for oral implant failures;  
Int J Oral Maxillofac Implants 20, 2005: 220-230.

HERMANN JS, BUSER D, SCHENK RK, HIGGINBOTTOM FL, COCHRAN DL  
Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over  
time;  
Clin Oral Implants Res 11, 2000: 1-11

HESS P, PAK B  
Knochenersatzmaterialien in der oralen Implantologie - Einteilung und Eigenschaften;  
Implantologie Journal 4, 2009: 8-13

- HÜRZELER MB, KIRSCH A, ACKERMANN KL, QUIÑONES CR  
 Reconstruction of the severely resorbed maxilla with dental implants in the augmented maxillary sinus: a 5-year clinical investigation;  
 Int J Oral Maxillofac Impl 11 (4), 1996: 466-475
- HÜRZELER MB, QUIÑONES CR, SCHÜPBACH P  
 Guided bone regeneration around dental implants in the atrophic alveolar ridge using a bioresorbable barrier. An experimental study in the monkey;  
 Clin Oral Implants Res 8(4), 1997: 323-31
- JAHN M, D'HOEDT B  
 Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. Ein Vergleich verschiedener Kriterien;  
 Z Zahnärztl Implantol 8, 1992: 221f
- JANSEN VK, AUGTHUN M, RICHTER EJ, SPIEKERMANN H  
 Zur Genauigkeit des Orthopantomogramms bei der Bestimmung des Knochenabbaus an IMZ-Implantaten;  
 Z Zahnärztl Implantol 9, 1993: 200f
- JOHANSSON B, WANNFORS K, EKENBÄCK J, SMEDBERG JI, HIRSCH J  
 Implants and sinus-inlay bone grafts in a 1-stage procedure on severely atrophied maxillae: surgical aspects of a 3-year follow-up study;  
 Int J Oral Maxillofac Implants 14 (6), 1999: 811-8
- KAPLAN EL, MEIER P  
 Nonparametric estimation from incomplete observations;  
 J Am Statist Assoc 53, 1958: 457
- KELLER EE, TOLMANN DE, ECKERT SE  
 Maxillary antral-nasal inlay autogenous bone graft reconstruction of compromised maxilla: a 12-year retrospective study;  
 Int J Oral Maxillofac Impl 14 (5), 1999: 707-721
- KOBERG W  
 Spätergebnisse nach Augmentationsplastiken;  
 Dtsch Z Zahnärztl Implantol 1, 1985: 239-245
- KOVÁCS A  
 Horizontaler und periimplantärer Knochenabbau in freien und gefäßgestielten Beckenkammtransplantaten;  
 Z Zahnärztl Implantol 14, 1998: 143-150
- KRAUSER JT  
 Hydroxylapatite-coated dental implants. Biologic rationale and surgical technique;  
 Dent Clin North Am. 33, 1989: 879-903
- KRISCHKOVSKY G  
 Maximaler Knochenerhalt nach Zahnverlust unter Verkürzung der Regenerationszeit;  
 Implantologie Journal 4, 2009: 46-50
- KRÜLL M, BORNSTEIN M, SAXER U, WALTER C, RAMSEIER C  
 Effekte des Tabakkonsums auf die Allgemeingesundheit: relevante Kenntnisse für die Zahnmedizin (I);  
 Schweizer Monatszeitschrift für Zahnmedizin, 2008: 525-546

- LANG J  
Clinical Anatomy of the Nose, Nasal Cavity and Paranasal Sinuses: Medical Publishers, Band 3;  
Thieme Verlag, New York, 1989
- LANG NP, KARRING T  
Proceedings of the First European Workshop on Periodontology;  
London: Quintessence 1994: 365-369
- LEKHOLM U, GUNNE J, HENRY P, ET AL.  
Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study;  
Int J Oral Maxillofac Implants 14, 1999: 639-645
- LEKHOLM U, VAN STEENBERGHE D, HERRMANN I, BOLENDER C, FOLMER T, GUNNE J, HENRY P, HIGUCHI K, LANEY WR  
Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: a prospective 5-year multicenter study;  
Int J Oral Maxillofac Implants. 9, 1994: 627-635
- LEKHOLM U, WANNERFORS K, ISAKSSON S, ADIELSSON B  
Oral implants in combination with bone grafts: A 3-year retrospective multicenter study using the Brånemark implant system;  
Oral implants in combination with bone grafts: Int Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 2, 1999: 181-187
- LINDHE J, BERGLUNDH T, ERICSSON I, ET AL.  
Experimental breakdown of peri-implant and periodontal tissues. A study in the beagle dog;  
Clin Oral Implants Res 3, 1992: 9-16
- LUNDGREN S, NYSTRÖM E, NILSON H, GUNNE J, LINDHAGEN O  
Bone grafting to the maxillary sinuses, nasal floor and anterior maxilla in the atrophic edentulous maxilla: A two-stage technique;  
Int Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 6, 1997: 428-434
- MEIJ EH, BLANKESTIJN J, BERNS RM, BUN RJ, JOVANOVIC A, ONLAND JM, SCOEN J  
The combined use of two endosteal implants and iliac crest onlay grafts in the severely atrophic mandible by a modified surgical approach;  
Int J Oral Maxillofac Surg 34 (2), 2005: 152-157
- MENGEL R, SCHRODER T, FLORES-DE-JACOBY L  
Osseointegrated implants in patients treated for generalized chronic periodontitis and degeneralized aggressive periodontitis: 3- and 5-year results of a prospective long-term study;  
J Periodontol 72, 2001: 977-989
- MOBERG LE, KONDELL PA, KULLMAN L, HEIMDAHL A, GYNTHNER GW  
Evaluation of singletooth restorations on ITI dental implants. A prospective study of 29 patients;  
Clin Oral Implants Res 10 (1), 1999: 45-53
- MOMBELLI A  
Aging and the periodontal and periimplant microbiota;  
Periodontology 2000. 16, 1998: 44-52
- MOMBELLI A, FELOUTZIS A, BRÄGGER U, ET AL.  
Treatment of periimplantitis by local delivery of tetracycline; Clinical, microbiological and radiological results;  
Clin Oral Implants Res 12, 2000: 287-294

- MOMBELLI A, LANG NP  
The diagnosis and treatment of periimplantitis;  
Periodontology 2000 17, 1998: 63-76
- MOMBELLI A , Lang NP  
Clinical parameters for the evaluation of dental implants;  
Periodontology 2000. 4, 1994: 81-86
- MOMBELLI A, VON OOSTEN MA, SCHURCH JR. E, ET AL.  
The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants;  
Oral Microbiology and Immunology 2, 1987: 145-151
- NAERT I, KOUTSIKAKIS G, DUYCK J, QUIRYNEN M, JACOBS R, VAN STEENBERGHE D  
Biologic outcome of single-implant restorations as tooth replacements: a long-term follow-up study,  
Clin Implant Dent Relat Res 2 (4), 2000: 209-18
- NEUKAM FW, ESSER E  
Implantologie. In: Dentoalveoläre Chirurgie 4;  
Springer-Verlag, Heidelberg, 2000: 249-255
- NEUKAM FW, SCHULTZE-MOSGAU S  
Implantate bei ausgedehnten Knochendefiziten. In: Koeck, W., W. Wagner (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde, Bd. 13 (Implantologie), 2. Auflage;  
Elsevier GmbH, München, 2004: 184-228
- NEUKAM FW, WICHMANN M, WILTFANG J  
Zahnärztliche Implantologie unter schwierigen Umständen;  
Thieme-Verlag KG, 2007
- NYSTRÖM E, AHLQUIST J, GUNNE J, KAHNBERG KE  
10-year follow-up of onlay bone grafts and implants in severely resorbed maxillae;  
Int J Oral Maxillofac Surg 33 (3), 2004: 258-262
- NYSTRÖM E, AHLQUIST J, LEGRELL PE, KAHNBERG KE  
Bone graft remodelling and implant success rate in the treatment of the severely resorbed maxilla; a 5-year longitudinal study;  
Int J Oral Maxillofac Surg 31 (2), 2002: 158-164
- O`MAHONY A, SPENCER P  
Osseointegrated implant failures;  
J Dent Assoc 45 (2), 1999: 44-51
- PSENICKA N  
Implantation mit gestielter Weichgewebsplastik auf rekonstruiertem Hartgewebe;  
Implantologie Journal 4, 2009: 18-22
- PSENICKA N  
Minimalinvasiver Kombinationseingriff im Bereich der Sinusbodenelevation;  
Implantologie Journal 5, 2009: 10-14
- REICHART P, HAUSAMEN J, BECKER J, NEUKAM F  
Curriculum zahnärztliche Chirurgie, Band I;  
Quintessenz-Verlag, Berlin 2002: 392f

- REINERT S, KÖNIG S, BREMERICH A, EUFINGER H  
Verlaufskontrollen der dreidimensionalen osteoplastischen Rekonstruktion des extrem atrophierten Oberkiefers in Kombination mit Implantaten;  
J Oral Maxillofac Surg 3, 1999: 30-34
- REINERT S, KÖNIG S, BREMERICH A, EUFINGER H, KRIMMEL M  
Stability of bone grafting and placement of implants in the severely atrophic maxilla;  
J Oral Maxillofac Surg 41 (4), 2003: 249-255
- RIEDIGER D, EHRENFELD M  
Mikrochirurgische Beckenkammtransplantate in Kombination mit enossalen Implantaten;  
Z Zahnärztl Implantol VII, 1991: 178-183
- RODONI L, GAUSER R, FELOUTZIS A, HÄMMERLE C  
Implants in the posterior maxilla: a comparative clinical and radiologic study;  
Int J Oral Maxillofac Impl 20, 2005: 231-237
- SALVI GE, FÜRST MM, LANG NP, PERSSON GR  
One-year bacterial colonization patterns of Staphylococcus aureus and other bacteria at implants and adjacent teeth;  
Clin Oral Implants Res 19, 2008: 242–248
- SBORDONE L, TOTI P, MENCHINI-FABRIS GB, SBORDONE C, PIOMBINO P, GUIDETTI F  
Volume changes of autogenous bone grafts after alveolar ridge augmentation of atrophic maxillae and mandibles;  
Int J Oral Maxillofac Surg 38 (10), 2009: 1054-1065
- SHELLEKENS HW  
Block- und Knochenaugmentationen mit zeitgleicher Implantation – Behandlung bei lateral atrophierten Kieferkämmen;  
Implantologie Journal 7, 2009: 40-42
- SCHLEGEL KA, FICHTNER G, SCHULTZE-MOSGAU S, WILTFANG J  
Histologic findings in sinus augmentation with autogenous bone chips versus a bovine bone substitute;  
Int J Oral Maxillofac Implants 18, 2003: 53-58
- SCHLIEPHAKE H, BERDING G  
Evaluation of bone healing in patients with bone grafts and endosseous implants using single photon emission tomography (SPECT);  
Clin Oral Implants Res. 9, 1998: 34-42
- SCHLIEPHAKE H, NEUKAM FW, WICHMANN M  
Survival analysis of endosseous implants in bone grafts used for the treatment of severe alveolar ridge atrophy;  
J Oral Maxillofac Surg 55, 1997
- SCHMELZEISEN R, HESSLING KH, OVERBECK R, NEUKAM FW  
Quantitative Bestimmung der Knochenresorption mit einem rechnergestützten Normierungsprogramm von OPT-Verlaufsaufnahmen;  
Z Zahnärztl Implantol VII 1, 1991: 44-48
- SCHULZ U  
Versorgung eines großen Maxilladefektes – Ein Fallbericht mit fünf Jahren Beobachtungszeit – Teil I;  
Implantologie Journal 5, 2009: 24-28

- SCHWARZ F, BECKER J  
Periimplantäre Entzündungen;  
Quintessenz-Verlags-GmbH, Berlin, 2007: 8-39
- SHELTON D  
Critical review of prosthetic surgery; in: Irby. W., Current advances in oral surgery;  
Mosby-Verlag, St Louis, 1977: 359-384
- SMITH JD, ABRAMSON M  
Membranous vs endochondrial bone autografts;  
Arch Otolaryngol 99, 1974: 203-205
- SMITH JD, ZARB G  
Criteria for success for osseointegrated enosseous implants;  
J prosth Dent 62: 567-57
- SMOLKA W, EGGENSBERGER N, COROLLO V, OZDOBA C, LIZOKA T  
Changes in the volume and density of clavial split bone grafts after alveolar ridge augmentation;  
Clin Oral Impl Res 17 (2), 2006: 149-155
- SPITZER W, RÜCKER M  
Zahnärztliche Röntgenologie. In: Schwenzler, N., Ehrenfeld, M (Hrsg): Allgemeine Chirurgie, Band I, 3.Auflage;  
Thieme Verlag, Stuttgart, 2000: 215-300
- TAFFET G  
Implantate in der ästhetischen Zone - Im Konflikt oder in Harmonie mit der „biologischen Breite“;  
Implantologie Journal 7, 2009: 48-53
- TERHEYDEN H, SADER R  
Aktuelle Knochenaufbaumethoden. In: Horch (Hrsg): Praxis der Zahnheilkunde - Zahnärztliche Chirurgie Band 9;  
Urban & Fischer Verlag München Jena, 2003: 346-382
- TERPELLE T  
Autologe Knochentransplantate - Erfolgreiche Entnahme- und Augmentationstechniken;  
Implantologie Journal 4, 2009: 38-43
- TESTORI T, WISEMANN L, WOOLFE S, PORTER SS  
A prospective multicenter clinical study of the Osseotite implant: four-year Report;  
Int J Oral Maxillofac Implants 16, 2001: 193-200
- TONETTI MS, LANG NP  
Therapie der entzündlichen Parodontopathien. In: E. Hellwig (Hrsg): Einführung in die Zahnerhaltung;  
Deutscher Zahnärzte Verlag Köln, 2009: 601
- VERHOEVEN JW, CUNE MS, RUIJTER J, TERLOU M, ZOON MA  
Onlay grafts in combination with endosseous implants in severe mandibular atrophy: one year results of a prospective, quantitative radiological study;  
Clin Oral Impl Res 11 (6), 2000: 583-594

VERHOEVEN JW, CUNE MS, TERLOU M, ZOON MA  
The combined use of endosteal implants and iliac crest onlay graft in the severely atrophic mandible: a longitudinal study;  
Int J Oral Maxillofac Surg 26 (5), 1997: 351-357

VOCKNER H  
Periimplantitis auch durch Implantate - Entzündliche Veränderungen im Weichgewebe mit Knochendestruktion;  
Zahnarzt 5, 2001: 10

WALLACE SS, FROUM SJ  
Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review;  
Ann Periodontol 8, 2003: 328-43

WALLOWY P  
Kieferaugmentationen mit allogenen Knochenblöcken;  
Implantologie Journal 4, 2010: 8-16

WANG J, WAITE D, STEINHÄUSER E  
Ridge augmentation: an evaluation and follow-up report;  
J Oral Maxillofac Surg 34, 1976: 600-602

WATZEK G, MAILATH-POKORNY G  
Zahnärztliche Implantate. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg): Zahnärztliche Chirurgie Band III, 3. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 2000: 127-168

WEIBRICH G, NAWAS B  
Erfolgsaussichten implantologischer Maßnahmen;  
ZM 23, 2001: 36

WIDMARK G, ANDERSSON B, IVANOFF CJ  
Mandibular bone graft in the anterior maxilla for singletooth implants;  
Int J Oral Maxillofac Surg 26, 1997: 106-109

WILTFANG J, SCHULTZE-MOSGAU S, NKENKE E, THORWARTH M, NEUKAM FW, SCHLEGEL KA  
Onlay augmentation versus sinuslift procedure in the treatment of the severely resorbed maxilla: a 5-year comparative longitudinal study;  
Int J Oral Maxillofac Surg 34 (8), 2005: 885-889

ZÖLLER JE, NEUGEBAUER J, LAZAR FC  
Kieferkammdistraktion und oder Beckenkammaugmentation. In: Horch (Hrsg): Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie – Praxis der Zahnheilkunde, Band 4, Urban & Fischer Verlag München, 2007: 200-220

Internetquellen:

<http://www.stoma.de/Implantologie/sinus-lift/html>. (26.Oktober 2010)

<http://eswf.uni-koeln.de/glossar/node149.html> (26.Oktober 2010)



## 7 Anhang

- **Patientengeschlecht**

### Studiengruppe II (Patientengeschlecht)

Einflussparameter	N Augmentate	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
M	11	2,703939	0,2967235	0,9841204	2,042798	3,36508
W	23	2,778986	0,2638328	1,265297	2,23183	3,326141
Gesamt	34	2,754706	0,2001522	1,167078	2,347493	3,161919
Differenz		-0,0750461	0,4342687		-0,9596225	0,8095302

Variance ratio test:  
 $F = 0,6049$   
 Freiheitsgrade = 10, 22  
 $P = 0,4138$  (→ Varianzen sind gleich)

Two sample t test with equal variances:  
 $t = -0,1728$   
 Freiheitsgrade = 32  
 $p = 0,8639$  (→ nicht signifikant)

Tabelle 11a Patientengeschlecht in Studiengruppe II (M = männlich, W = weiblich)

### Studiengruppe III (Patientengeschlecht)

Einflussparameter	N Augmentate	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
M	22	2,082576	0,1522132	0,7139433	1,766031	2,39912
W	34	2,334926	0,1507134	0,8788025	2,028298	2,641555
Gesamt	56	2,235789	0,1096635	0,8206461	2,016018	2,455559
Differenz		-0,2523507	0,2239953		-0,7014342	0,1967328

Variance ratio test:  
 $F = 0,6600$   
 Freiheitsgrade = 21, 33  
 $p = 0,3201$  (→ Varianzen sind gleich)

Two sample t test with equal variances:  
 $t = -1,1266$   
 Freiheitsgrade = 54  
 $p = 0,2649$  (→ nicht signifikant)

Tabelle 11b Patientengeschlecht in Studiengruppe II (M = männlich, W = weiblich)

- **Patientenalter**

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Patientenalter	0,0271675	0,0075413	0,060	-0,0012195	0,0555545

Tabelle 12a Regressions-Tabelle in Studiengruppe II bezogen auf das Patientenalter

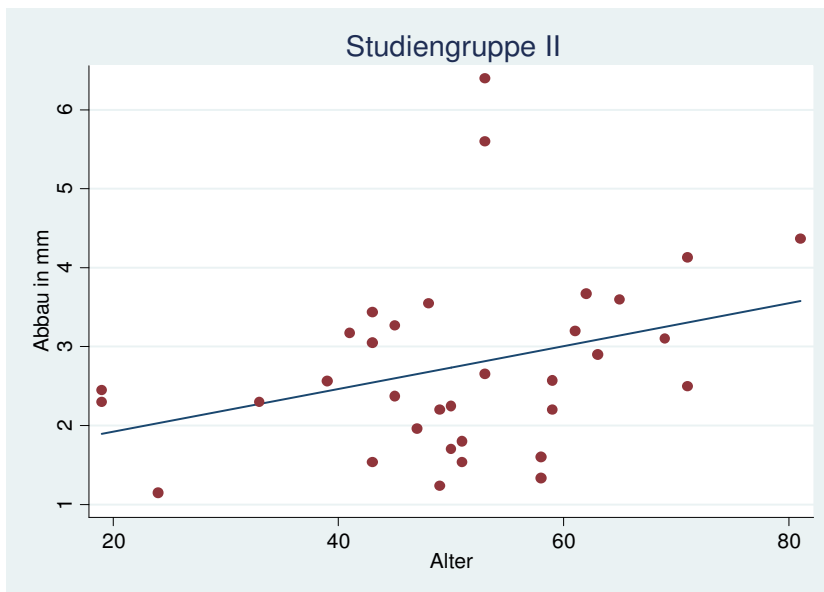


Abbildung 12a Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochen-  
transplantats in Studiengruppe II bezogen auf das Patientenalter

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Patientenalter	0,0048965	0,0139361	0,519	-0,0102229	0,0200158

Tabelle 12b Regressions-Tabelle in Studiengruppe III bezogen auf das Patientenalter

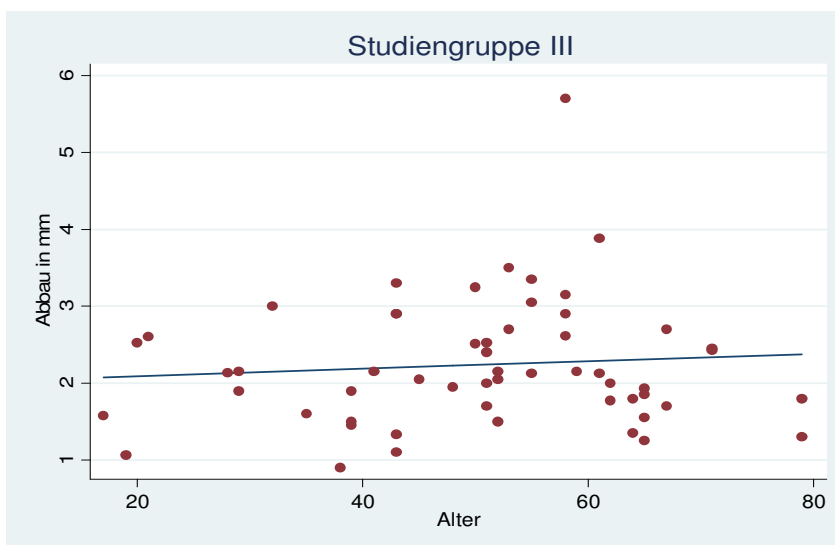


Abbildung 12b Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochen-  
transplantats in Studiengruppe III bezogen auf das Patientenalter

- **Einheitlichkeit des Beckenknochen-  
transplantats**

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Einheitlichkeit	0,4331696	0,1386332	0,004	0,1386332	0,7155562

Tabelle 13a Regressions-Tabelle in Studiengruppe II bezogen auf die Einheitlichkeit des Beckenknochen-  
transplantates

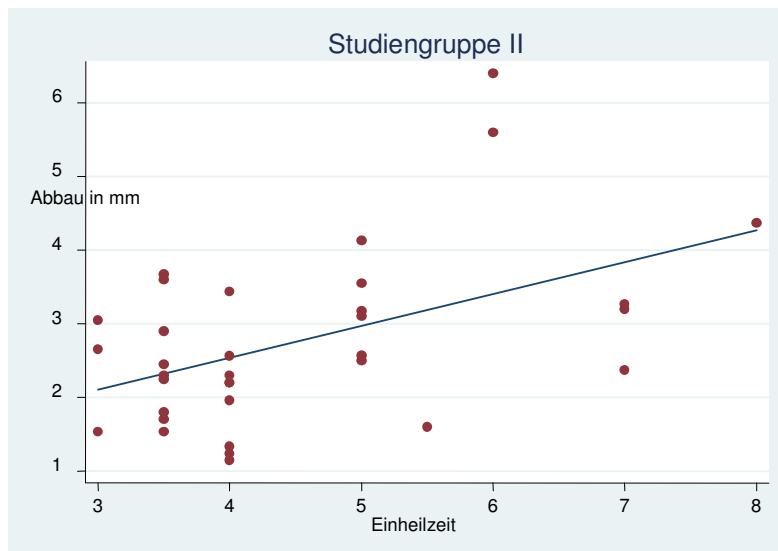


Abbildung 13a Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochenimplantats in Studiengruppe II bezogen auf die Einheitzeit des Beckenknochenimplantates

Einheitzeit	Mittelwerte der Höhenverlust	Standardabweichung	Anzahl Augmentatregionen
3-4 Monate	2,4534723	0,74793881	12
4-5 Monate	2,0418519	0,73195916	9
5-6 Monate	2,947619	0,81639325	7
>6 Monate	4,2013889	1,5510965	6
Gesamt	2,7547059	1,167078	34

Tabelle 13b Höhenverlust des Beckenknochenimplantats in Studiengruppe II bezogen auf die Einheitzeit (nach Monaten) des Beckenknochenimplantates

Mittelwert-Differenz	3-4 Monate	4-5 Monate	5-6 Monate
4-5 Monate	-0,41162 1,000		
5-6 Monate	0,494147 1,000	0,905767 0,392	
>6 Monate	1,74792 0,005	2,15954 0,001	1,25377 0,137

Tabelle 13c Post-Hoc Vergleich nach Bonferroni bezogen auf die Einheitzeit (nach Monaten) des Beckenknochenimplantates, in Studiengruppe II

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Einheitzeit	0,0201152	0,0494386	0,686	-0,0790032	0,1192337

Tabelle 14a Regressions-Tabelle in Studiengruppe III bezogen auf die Einheitzeit des Beckenknochenimplantates

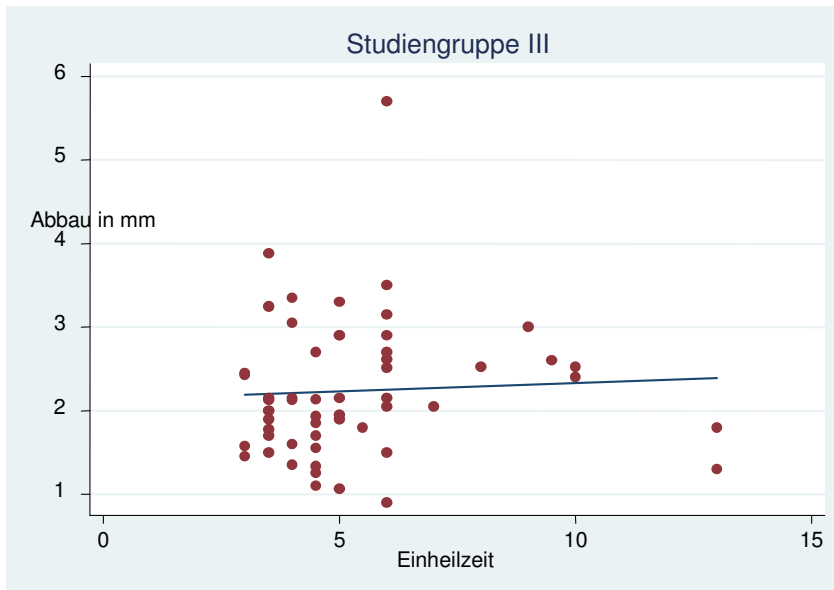


Abbildung 13b Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochenimplantates in Studiengruppe III bezogen auf die Einheitzeit des Beckenknochenimplantates

Einheitzeit	Mittelwerte der Höhenverlust	Standardabweichung	Anzahl Augmentatregionen
3-4 Monate	2,1559524	0,68353986	14
4-5 Monate	1,945	0,66248539	15
5-6 Monate	2,2458334	0,73413109	8
>6 Monate	2,5199562	1,004341	19
Gesamt	2,2357887	0,82064613	56

Tabelle 14b Höhenverlust des Beckenknochenimplantates in Studiengruppe III bezogen auf die Einheitzeit (nach Monaten) des Beckenknochenimplantates

- Parodontale Vorerkrankungen**

**Studiengruppe II (parodontale Vorerkrankungen)**

Einflussparameter	N Augmentate	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
N	25	2,768067	0,2561287	1,280644	2,239443	3,29669
P	9	2,717593	0,2781471	0,8344414	2,076184	3,359001
Gesamt	34	2,754706	0,2001522	1,167078	2,347493	3,161919
Differenz		0,0504741	0,4606262		-0,8877908	0,9887389

Variance ratio test:  
 $F = 2,3554$   
 Freiheitsgrade = 24, 8  
 $P = 0,2106$  (→ Varianzen sind gleich)

Two sample t test with unequal variances:  
 $t = 0,1096$   
 Freiheitsgrade = 32  
 $p = 0,5433$  (→ nicht signifikant)

Tabelle 15a Parodontale Vorerkrankungen in Studiengruppe II („parodontale Vorerkrankung“ (p), „ohne parodontale Vorerkrankung“ (n))

**Studiengruppe III (parodontale Vorerkrankungen)**

Einflussparameter	N Augmentate	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
N	34	2,296446	0,1541866	0,8990549	1,982751	2,610141
P	22	2,142045	0,147475	0,6917192	1,835354	2,448737
Gesamt	56	2,235789	0,1096635	0,8206461	2,016018	2,455559
Differenz		0,1544006	0,2256362		-0,2979727	0,6067739

Variance ratio test:  
 $F = 1,6893$   
 Freiheitsgrade = 33, 21  
 $P = 0,7516$  (→ Varianzen sind gleich)

Two sample t test with equal variances:  
 $t = 0,6843$   
 Freiheitsgrade = 54  
 $p = 0,4261$  (→ nicht signifikant)

Tabelle 15b Parodontale Vorerkrankungen in Studiengruppe III („parodontale Vorerkrankung“ (p), „ohne parodontale Vorerkrankung“ (n))

- **Rauchverhalten**

Studiengruppe II (Rauchverhalten)

Einflussparameter	N Augmentate	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
N	24	2,507014	0,1777189	0,8706414	2,139374	2,874654
R	10	3,349167	0,5000856	1,581409	2,217895	4,480439
Gesamt	34	2,754706	0,2001522	1,167078	2,347493	3,161919
Differenz		-0,8421528	0,5307255		-2,00594	0,3216347

Variance ratio test:  
 $F = 0,3031$   
 Freiheitsgrade = 23, 9  
 $P = 0,0200$  (→ Varianzen sind nicht gleich)

Two sample t test with unequal variances:  
 $t = -1,5868$   
 Freiheitsgrade = 11,346  
 $p = 0,0700$  (→ nicht signifikant)

Tabelle 16a Rauchverhalten in der Studiengruppe II „Raucher“ (r), „Nichtraucher“ (n)

Studiengruppe III (Rauchverhalten)

Einflussparameter	N Augmentate	Mittelwert	Standardfehler	Standardabweichung	95% Konfidenzintervall	
N	45	2,212315	0,1256477	0,8428706	1,959088	2,465541
R	11	2,331818	0,226738	0,7520049	1,826614	2,837022
Gesamt	56	2,235789	0,1096635	0,8206461	2,016018	2,455559
Differenz		-0,1195034	0,2780933		-0,6770468	0,4380401

Variance ratio test:  
 $F = 1,2563$   
 Freiheitsgrade = 44, 10  
 $p = 0,7343$  (→ Varianzen sind gleich)

Two sample t test with equal variances:  
 $t = -0,4297$   
 Freiheitsgrade = 54  
 $p = 0,3346$  (→ nicht signifikant)

Tabelle 16b Rauchverhalten in der Studiengruppe III „Raucher“ (r), „Nichtraucher“ (n)

- Restknochenhöhe vor der Kieferkammaugmentation**

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Restknochenhöhe	-0,2190996	0,0931931	0,025	-0,4089278	-0,0292715

Tabelle 17a Regressions-Tabelle in Studiengruppe II bezogen auf die Restknochenhöhe vor der Beckenknochein- bzw. -auflagerung

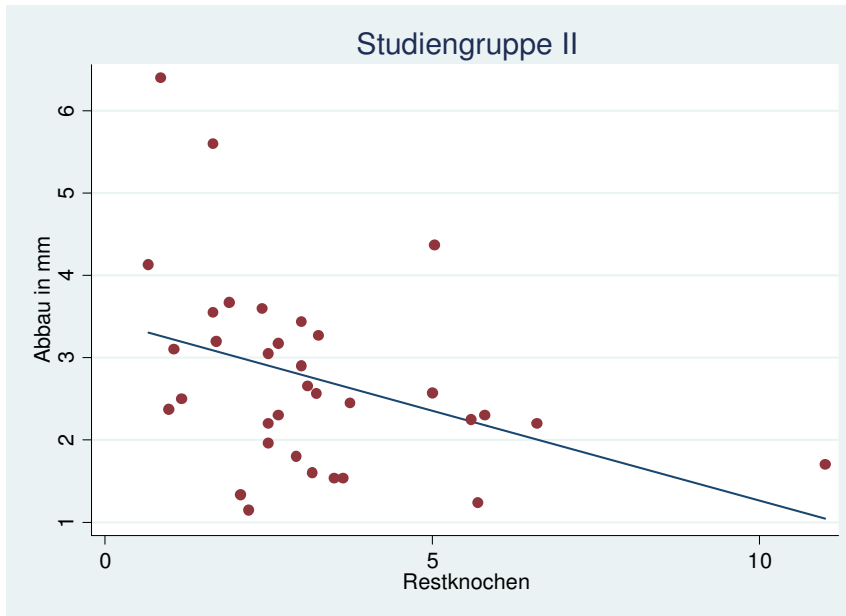


Abbildung 14a Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochen- transplantates in Studiengruppe II, bezogen auf die Restknochenhöhe vor der Beckenknochein- bzw. -auflagerung

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Restknochenhöhe	-0,0535985	0,0388548	0,173	-0,1314976	0,0243007

Tabelle 17b Regressions-Tabelle in Studiengruppe III bezogen auf die Restknochenhöhe vor der Beckenknochenauflagerung

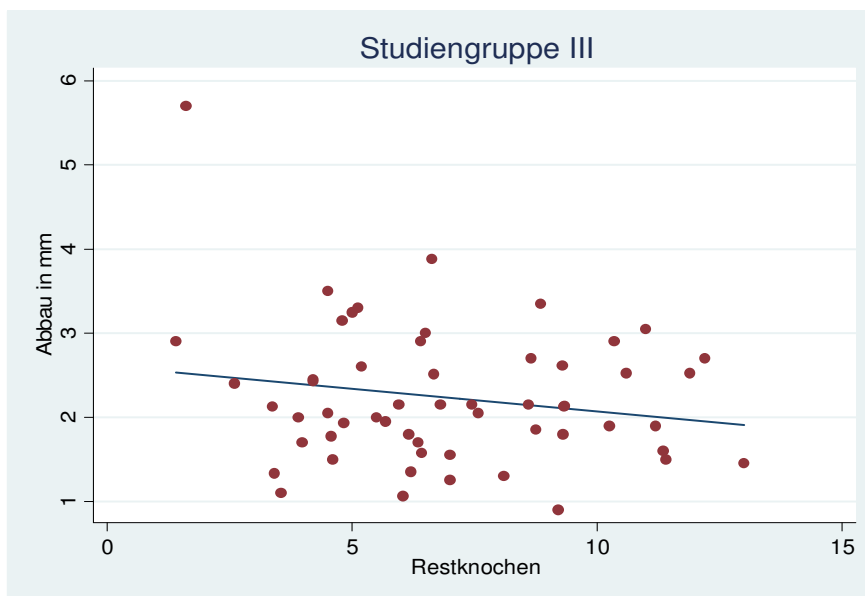


Abbildung 14b Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochen- transplantates in Studiengruppe III, bezogen auf die Restknochenhöhe vor der Beckenknochenauflagerung

- **Vertikale Höhe des ein- bzw. aufgelagerten Beckenknochentransplantates**

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Vertikale Höhe des Augmentates	0,222707	0,0446857	0,000	-0,1316853	0,3137287

Tabelle 18a Regressions-Tabelle in Studiengruppe II bezogen auf die vertikale Höhe des ein- bzw. aufgelagerten Beckenknochentransplantates

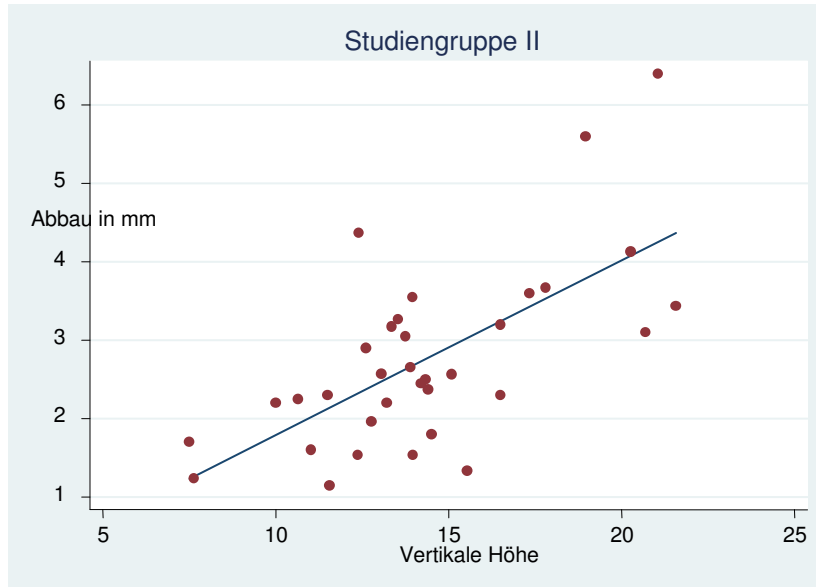


Abbildung 15a Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochentransplantates in Studiengruppe II, bezogen auf die vertikale Höhe des aufgelagerten Beckenknochentransplantates

Höhenverlust (mm)	Koeffizient	Standardabweichung	p-Wert	95% Konfidenzintervall	
Vertikale Höhe des Augmentates	0,1443511	0,0393548	0,001	0,0654496	0,2232526

Tabelle 18b Regressions-Tabelle in Studiengruppe III bezogen auf die vertikale Höhe des aufgelagerten Beckenknochentransplantates

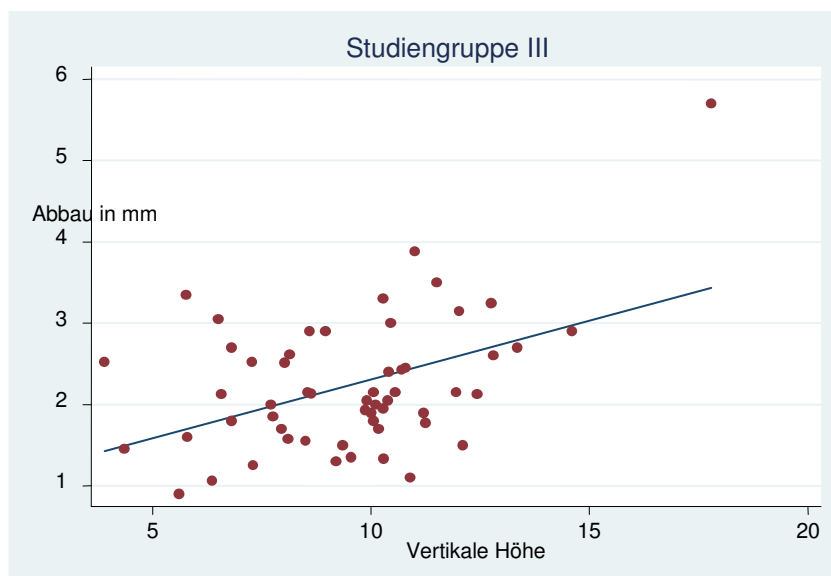


Abbildung 15b Lineare Regression: Höhenverlust des Beckenknochentransplantates in Studiengruppe III, bezogen auf die vertikale Höhe des aufgelagerten Beckenknochentransplantates

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Dr. M. Ehrenfeld für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas bedanken.

Für die Betreuung und stets freundliche, ausdauernde und hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung der gesamten Arbeit bedanke ich mich herzlich bei Herrn Dr. Dr. S. Schiel.

Auch bei allen MitarbeiterInnen der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Ludwig-Maximilians-Universität München, sowie den Mitarbeiterinnen der Röntgenabteilung bedanke ich mich für ihre nette Unterstützung.

Schließlich danke ich meiner Familie und meinem Freund Max. Euer un-aufhörlicher Beistand, auch in schlaflosen Nächten, hat mich immer neu ermutigt und auch in schwierigen Zeiten fest auf Zielkurs gehalten.

Weiterhin danke ich Hildegard Pfister für die statistische Auswertung meiner umfangreichen Datensammlung.



## Eidesstattliche Versicherung

Hagn, Tina

Name, Vorname

---

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

Rekonstruktion des Ober- und / oder Unterkieferalveolarfortsatzes mit kortiko-spongiösen  
Beckenkammtransplantaten bei Kieferatrophie  
Eine retrospektive Analyse im Zeitraum von 2001 bis 2008

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und  
alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als  
solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle  
einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in  
ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades  
eingereicht wurde.

München, den 22.09.17

Ort, Datum

Unterschrift Doktorandin/Doktorand

