

# **Diplomarbeit**

## **KURZE IMPLANTATE VERSUS SINUS AUGMENTATION - EINE KLINISCH-RADIOLOGISCHE STUDIE – TEIL 1**

### **Evaluierung der marginalen Knochenresorption bei kurzen Implantaten in der posterioren Maxilla**

eingereicht von

**Birgit Weitzer**

Matr.Nr.: 0310678

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde**

**„Doctor medicinae dentalis“ (Dr. med. dent.)**

an der Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Abteilung für Restaurative und Prothetische Zahnheilkunde der

Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

unter der Anleitung von

**Univ.- Prof. Dr. Martin Lorenzoni**

**Dr. Susanne Platzer**

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am .....

Unterschrift.....

# Danksagung

**„Keine Schuld ist dringender, als die, Dank zu sagen“.**

(Marcus Tullius Cicero)

Das außergewöhnliche Thema meiner Diplomarbeit ermöglichte es mir, schon seit dem Beginn des 3. Abschnittes meines Zahnmedizinstudiums erste Einblicke in das für mich sehr interessante Themengebiet der zahnärztlichen Implantologie zu bekommen und wertvolle Erfahrungen zu sammeln, für die ich sehr dankbar bin. Während der gesamten Zeit meines Studiums und der Erarbeitung der vorliegenden Diplomarbeit haben mich viele Personen begleitet und unterstützt. Bei diesen möchte ich mich dafür ganz herzlich bedanken:

Diese Diplomarbeit möchte ich meinen **Eltern** widmen, da sie mir mein Zahnmedizinstudium ermöglichten und mich in jeder Lebenslage ausnahmslos unterstützten!

Ein ganz besonderer und herzlicher Dank gebührt **Herrn Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni** für die Überlassung des Themas meiner Diplomarbeit sowie für seine umfangreiche und tatkräftige Unterstützung einschließlich seiner uneingeschränkten Geduld.

Ein großes Dankeschön gebührt **Herrn Univ.-Prof. Dr. Walther Wegscheider** für seine wertvollen Ratschläge und seine engagierte Betreuung während des letzten Jahres meines Studiums. Diese Zeit wird mir immer in positiver Erinnerung bleiben.

Zu besonderem Dank bin ich auch **Frau Dr. Susanne Platzer** für die zahlreichen Anregungen und Denkanstöße sowie ihre umfassende wissenschaftliche Betreuung während der Erstellung meiner Diplomarbeit verpflichtet.

Weiters möchte ich mich bei **Frau Dr. Marlene Stopper** für ihre hilfreiche Unterstützung und bei **Frau Dipl.-Ing Irene Mischak** für die statistischen Berechnungen bedanken.

Anschließend Dank gilt **Wolfgang**, der mich immer wieder neu motivierte und es als Selbstverständlichkeit ansah, mir zu jeder Zeit bestmöglich und selbstlos zur Seite zu stehen – Vielen Dank!

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>8</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>10</b>
<b>I ZIELSETZUNG</b> .....	<b>11</b>
<b>II EINLEITUNG</b> .....	<b>12</b>
<b>1 Theoretische Grundlagen</b> .....	<b>12</b>
<b>1.1 Definition Implantat</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2 Anatomie des Sinus maxillaris</b> .....	<b>13</b>
1.2.1 Form und Ausdehnung des Sinus maxillaris.....	<b>14</b>
1.2.2 Versorgung des Sinus maxillaris.....	<b>15</b>
1.2.3 Schneider'sche Membran.....	<b>16</b>
<b>1.3 Alveolar- und Kieferknochen</b> .....	<b>17</b>
1.3.1 Knochenqualität.....	<b>17</b>
1.3.2 Alveolarfortsatzatrophie .....	<b>19</b>
<b>1.4 Allgemeinmedizinische Risikofaktoren für         Implantatverlust</b> .....	<b>21</b>
<b>1.5 Implantologie</b> .....	<b>22</b>
1.5.1 Osseointegration.....	<b>22</b>
1.5.2 Die Phasen der Implantateinheilung.....	<b>23</b>
1.5.3 Implantatmaterialien .....	<b>24</b>
1.5.3.1 Titan .....	<b>25</b>
1.5.4 Implantatoberflächen .....	<b>25</b>
1.5.5 Implantatbelastung .....	<b>27</b>
<b>2 Augmentationstechniken</b> .....	<b>28</b>
<b>2.1 Sinus Augmentation</b> .....	<b>28</b>
2.1.1 Die laterale Fenestrierung .....	<b>29</b>
2.1.1.1 Chirurgisches Vorgehen.....	<b>29</b>
2.1.1.2 Mögliche Komplikationen einer Sinus Augmentation .....	<b>30</b>
2.1.2 Die Summers Osteotomietechnik .....	<b>32</b>

<b>3</b>	<b>Augmentationsmaterialien</b> .....	<b>32</b>
3.1	Einteilung und Begriffserklärung.....	33
3.2	Xenogene Knochenersatzmaterialien.....	35
3.2.1	Bio-Oss® .....	35
3.2.2	Endobon® .....	37
<b>4</b>	<b>Kurze Implantate als Therapieoption</b> .....	<b>38</b>
4.1	Definition kurzer Implantate .....	39
4.2	Vorteile und Nachteile kurzer Implantate .....	40
4.2.1	Vorteile .....	40
4.2.2	Nachteile.....	40
4.3	Biomet 3i NanoTite™ - Implantate .....	41
<b>III</b>	<b>MATERIAL UND METHODE</b> .....	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>PatientenInnen</b> .....	<b>43</b>
5.1	Ein – und Ausschlusskriterien .....	43
<b>6</b>	<b>Chirurgisches Vorgehen</b> .....	<b>44</b>
6.1	Implantation.....	44
6.2	Beispiel einer Implantation mit kurzen Implantaten.....	45
<b>7</b>	<b>Datenerhebung</b> .....	<b>50</b>
7.1	Klinische Evaluierung.....	50
7.2	Weitere diagnostische Maßnahmen .....	51
7.3	Befragung der PatientenInnen .....	52
<b>8</b>	<b>Implantate</b> .....	<b>53</b>
<b>9</b>	<b>Postoperativer Behandlungsverlauf</b> .....	<b>54</b>
9.1	Evaluierungskriterien.....	56
<b>IV</b>	<b>ERGEBNISSE</b> .....	<b>57</b>
<b>10</b>	<b>Messung der marginalen Knochenresorption</b> .....	<b>57</b>
<b>11</b>	<b>Ergebnisse der Schmerzskala und des Tablettenverbrauchs</b> .....	<b>61</b>
<b>V</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>64</b>

<b>12 Kurze Implantate versus Sinus Augmentation und Standardlängenimplantate.....</b>	<b>64</b>
<b>12.1 Erfolgsraten kurzer Implantate.....</b>	<b>65</b>
<b>12.2 Oberflächenbeschaffenheit kurzer Implantate.....</b>	<b>68</b>
<b>12.3 Sinus Augmentation und Implantate mit Standardlänge.....</b>	<b>69</b>
<b>VI KONKLUSION.....</b>	<b>73</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>74</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>77</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>79</b>

## Zusammenfassung

*Einleitung:* Die posteriore Maxilla stellt aus implantologischer Sicht, einerseits aufgrund der Atrophie des maxillären Alveolarfortsatzes, andererseits aufgrund der Pneumatisierung des Sinus maxillaris, eine chirurgische Herausforderung dar. In der Literatur wird die Augmentation des Sinus maxillaris zur erfolgreichen implantatgetragenen Rehabilitation der posterioren Maxilla infolge der Zunahme von vertikaler Knochenhöhe als etablierte und vorhersehbare Methode beschrieben (Pham - Duong et al. 2010). Die laterale Fenestrierung nach Tatum stellt die am häufigsten angewandte Technik der Sinus Augmentation dar und hat in der zahnärztlichen Chirurgie das Einsatzgebiet von Implantaten wesentlich erweitert (Woo et al. 2004). Für die PatientenInnen wäre es dennoch erfolgversprechender, invasive Behandlungsmethoden durch weniger invasive Techniken mit vergleichbar hoher Erfolgsrate zu ersetzen. Eine mögliche Alternative zum implantologischen Standardversorgungskonzept der posterioren Maxilla (Sinus Augmentation mit konventionellen Implantaten) wären kurze Implantate mit vergrößertem Durchmesser, da diese durch den Verzicht auf augmentative Verfahren ein zeit- und kostensparendes Behandlungskonzept ermöglichen (Friberg et al. 1991, Bahat et al. 1993, Bruggenkate et al. 1998, Bahat et al. 2000, Feldman et al. 2004, Renouard et al. 2005, Esposito et al. 2011, Maló et al. 2011).

*Ziel* dieser monozentrischen, klinischen Pilotstudie war die Evaluierung der Resorption des krestalen Knochens nach Implantation von kurzen Implantaten im Bereich der posterioren Maxilla.

*Methode:* Die für die Teilnahme an dieser Studie geeigneten PatientenInnen wurden mit kurzen Implantaten mit einer Länge von 7 mm und einem Durchmesser von 4 mm oder 5 mm versorgt. Neben einer klinischen und radiologischen Untersuchung wurden die individuellen Beschwerden der PatientenInnen am ersten, dritten und siebenten postoperativen Tag (Schwellung, Hämatombildung, Nasenbluten, eingeschränkte Mundöffnung, Beeinträchtigungen beim Essen, Sprechen, Schlucken und im sozialen Umgang sowie Gesamtzahl der eingenommenen Schmerztabletten) dokumentiert.

An dieser prospektiven Pilotstudie nahmen insgesamt 11 PatientenInnen, davon 10 weibliche Patientinnen und ein männlicher Patient, im Zeitraum vom Jahre 2008 bis 2011 teil. Alle in die Studie aufgenommenen PatientenInnen hatten eine Restknochenhöhe von 6 - 9 mm und wurden mit Biomet3i NanoTite™-Implantaten versorgt. Ein Implantat ging während des Beobachtungszeitraumes verloren.

*Ergebnisse:* Die vorläufige Auswertung dieser Pilotstudie zeigt, dass kurze Implantate mit einer Erfolgsrate von 95% ein kosten- und zeitsparendes Behandlungskonzept bieten.

Nach einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten ergab sich pro Implantat eine mittlere Knochenresorption von mesial: -0,50 mm und distal: -0,50 mm (Standardabweichung (SD) mesial: 0,47 mm; Standardabweichung (SD) distal: 0,68 mm).

*Diskussion:* Aufgrund der durch die Behandlung mit kurzen Implantaten erreichten Steigerung des Patientenkomforts, stellen diese eine mögliche Therapieoption zur traditionellen Versorgung des Oberkieferseitenzahnbereiches mit Sinus Augmentation und Standardlängenimplantaten dar.

*Konklusion:* Bei der zahnärztlich - chirurgischen Versorgung der zahnlosen posterioren Maxilla mit kurzen Implantaten können ähnlich hohe evidenzbasierte Implantaterfolgsraten (über 90%) wie bei der konventionellen Therapie mit Sinus Augmentation und Standardlängenimplantaten erreicht werden.

## Abstract

*Background:* Treatment of the edentulous posterior maxilla means a major challenge in implant dentistry. Sinus augmentation procedure, which is needed to allow the placement of dental implants in the posterior maxilla, is shown to be a predictable and well-established method for rehabilitating this atrophic area. Because of lower costs in time and resources, the use of short and wide implants could be an alternative technique to sinus lift procedure (Friberg et al. 1991, Bahat et al. 1993, Bruggenkate et al. 1998, Bahat et al. 2000, Feldman et al. 2004, Renouard et al. 2005, Esposito et al. 2011, Maló et al. 2011).

*The purpose* of this single center, clinical pilot study was to evaluate the crestal bone level changes of short implants.

*Materials & Methods:* The patients, who complied with the inclusion criteria, were treated with short Biomet 3i NanoTite™ - implants. Clinical and radiographic examinations as well as a patient's discomfort score, utilizing the VAS score, were obtained and strictly documented.

In the period of the year 2008 to 2011, a total amount of 11 patients (10 female, 1 male) participated in the prospective study. In the course of the study all patients were treated due to a preoperative bone height of 6 to 9 mm.

*Results:* One of the 22 short implants failed. The cumulative survival rate of the short implants inserted in this study was 95%. The cumulative marginal bone resorption after 24 month of follow-up was -0,50 mm (standard deviation (SD) mesial: 0,47 mm; standard deviation (SD) distal: 0,68 mm).

*Discussion:* The short term results of this prospective study showed, that the use of short implants could be an appropriate alternative to the sinus lift procedure and standard length implants. In addition, compared with sinus augmentation procedure and placement of standard implants, placement of short implants can be simpler, less time consuming and a less expensive treatment with low patient's morbidity.

*Conclusion:* The treatment of the edentulous posterior maxilla with short implants shows the same evidence-based cumulative survival rates (> 90 %) than the conventional therapy with sinus augmentation and standard length implants.

## **I ZIELSETZUNG**

Ziel dieser klinischen Pilotstudie war die Evaluierung der marginalen Knochenresorption im Bereich der posterioren Maxilla bei kurzen Implantaten als wesentlicher Parameter des Implantaterfolges.

Des Weiteren sollen die von den PatientenInnen geführten Fragebögen über den Schweregrad ihrer subjektiv erfahrenen Schmerzen, Beeinträchtigungen sowie über die Menge der eingenommenen Schmerztabletten am ersten, dritten und siebenten postoperativen Tag Aufschluss geben.

Die theoretischen Grundlagen dieser Arbeit sollen einerseits über unterschiedliche Augmentationsmaterialien und Augmentationstechniken der posterioren Maxilla, andererseits über die Anwendung kurzer Implantate, deren Form und Oberflächenstruktur, sowie Vorteile als auch Nachteile, einen fundierten Überblick bieten.

## **II EINLEITUNG**

### **1 Theoretische Grundlagen**

#### **1.1 Definition Implantat**

Die in der Zahnmedizin verwendeten Implantate stellen einen fixierten künstlichen Wurzelersatz aus Titan dar, und werden, zur Gruppe der alloplastischen Materialien zählend, mittels spezieller chirurgischer Instrumente in den Alveolarknochen eingebracht (Lee et al. 2005). Ziel des Chirurgen ist es, eine möglichst stabile Einheilung der enossalen Implantate (Osseointegration) ohne Fremdkörperreaktion zu erreichen (Nergiz et al. 2003).

Die in den menschlichen Kieferknochen eingebrachten Implantate können nach abgeschlossener Implantateinheilung entweder durch festsitzenden Zahnersatz, wie Einzelkronen oder Brücken, oder durch herausnehmbaren Zahnersatz, wie Teleskope, Stege (individuell gefräst oder konfektioniert) oder andere Halteelemente versorgt werden (Schneider et al. 2002, Lambrecht et al. 2008).

Da das Implantat im Gegensatz zum natürlichen Zahn starr mit dem Knochen verbunden ist, besitzt es aus biomechanischer Sicht eine um den Faktor 10 geringere Resilienz. Aus diesem Grund werden die Belastungen durch den Kaudruck in alle Richtungen des Kiefers verteilt (Brånemark et al. 1977, Schwenzer et al. 2000).

Der Ersatz verloren gegangener Dentition durch osseointegrierte Implantate hat sich in den letzten Jahren bei der Versorgung teilbezahnter und unbezahnter PatientenInnen als wissenschaftlich akzeptierte und fundierte Maßnahme etabliert (Penarrocha-Diago et al. 2004, Anitua et al. 2008).

## 1.2 Anatomie des Sinus maxillaris

In der Rehabilitation der posterioren Maxilla beweist sich heutzutage die Sinus Augmentation und Insertion von konventionellen Implantaten als Goldstandard (Wallace et al. 2003, Goene' et al. 2005, Esposito et al. 2008). Wichtig beim chirurgischen Prozedere einer Sinus Augmentation sind genaue Kenntnisse über die Form und Ausdehnung sowie die nervale und arterielle Versorgung des Sinus maxillaris:

Der in seiner Entwicklung abgeschlossene Sinus maxillaris wird nach *cranial* durch die *Facies orbitalis maxillae* begrenzt. Das dünnwandige Dach enthält eine Rinne, die sich als *Canalis infraorbitalis* fortsetzt. Der *Boden* der Kieferhöhle befindet sich über dem *Processus alveolaris maxillae*, der mehr oder weniger stark pneumatisieren kann. Die *Vorderwand* des Sinus maxillaris wird von der *Facies anterior maxillae* gebildet, die *hintere Wand* entspricht dem *Tuber maxillae*. Die *Facies nasalis ossis maxillae* begrenzt die Kieferhöhle nach *medial*. Über eine schlitzförmige Öffnung (*Hiatus semilunaris*) mündet die Kieferhöhle in das *Infundibulum ethmoidale* und von dort in den mittleren Nasengang (Waldeyer et al. 2003).

### 1.2.1 Form und Ausdehnung des Sinus maxillaris

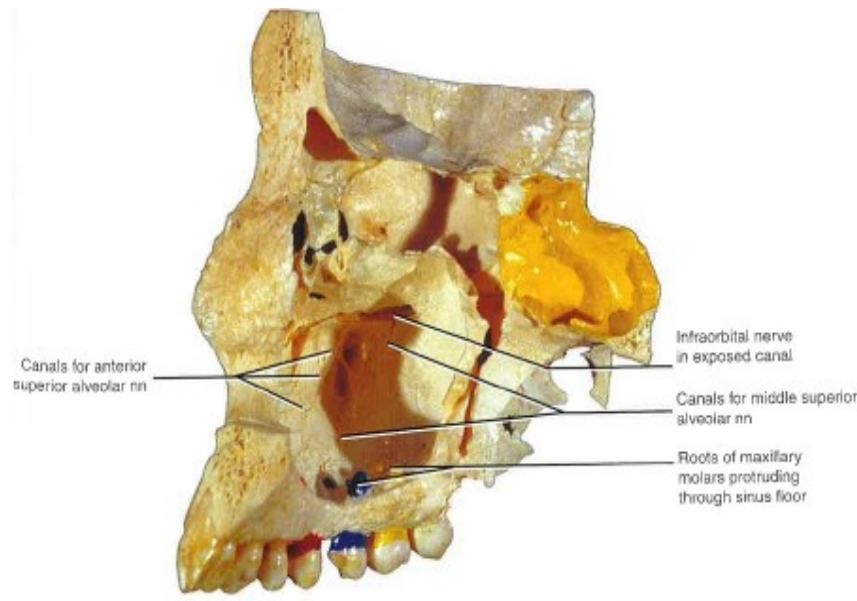


Abbildung 01

Der Sinus maxillaris erstreckt sich über die Wurzeln der Molaren. Dieser kann sich bis zu den ersten Prämolaren und dem Eckzahn ausdehnen. Meist jedoch wird dieser Bereich von Knochen eingenommen. Das Ostium naturale bildet den Eingang zur Kieferhöhle und liegt in der lateralen Nasenwand (Jakse, mündliche Mitteilung, Vorlesung: Orale Chirurgie III an der Medizinischen Universität Graz, 2009). Der tiefste Punkt liegt auf Höhe des ersten Molaren. Beim Unbezahnten ist die Ausdehnung hingegen sehr variabel. *Underwood Septen* findet man meist nur bei unbezahnten PatientenInnen in der Regel in bukko-palataler, selten in mesio-distaler Ausrichtung. Die Septen unterteilen die Kieferhöhle in verschiedene Recessus, die bei der Implantation und der Sinus Augmentation eine entscheidende Rolle spielen (Pertl, mündliche Mitteilung, Implantologiekongress, Zell am See, 2010). Das Volumen eines Sinus maxillaris eines bezahnten erwachsenen Menschen beträgt zwischen 10,76 ccm und 18,4 ccm, wobei Unterschiede bezüglich des Geschlechts und der ethnischen Rasse zu berücksichtigen sind (Fernandes et al. 2004).

## 1.2.2 Versorgung des Sinus maxillaris

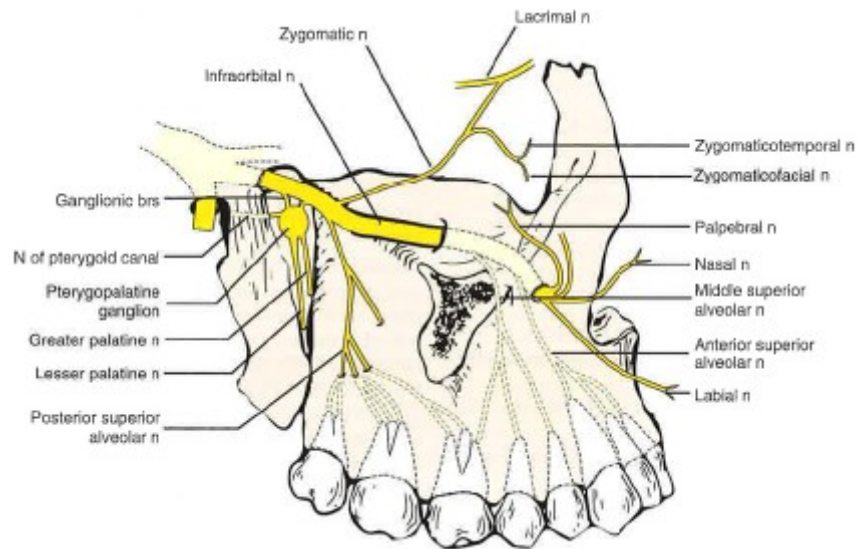


Abbildung 02

Der Sinus maxillaris wird vom *Nervus maxillaris* innerviert, welcher in der Fossa pterygopalatina aus dem Nervus trigeminus entspringend, Rami superiores posteriores, Rami superiores anteriores und einen Ramus superior medius abgibt. Die arterielle Versorgung des Sinus maxillaris erfolgt über die Äste der Arteria sphenopalatina und der Arteria palatina descendens. Diese Äste entspringen aus der *Arteria maxillaris*, welche ebenfalls in der Fossa pterygopalatina von der Arteria carotis externa abzweigt (Waldeyer et al. 2003).

### 1.2.3 Schneider'sche Membran

Die Kieferhöhle ist von *mehrröhigem, hochprismatischem Flimmerepithel* ausgekleidet, dessen Zilienschlag in Richtung Ostium naturale erfolgt und zum Abtransport von Sekret und Fremdkörpern dient. Diese Membran wird auch *Schneider'sche Membran* genannt und ist im Mittel 0,8 mm dick (Van den Bergh et al. 2000). Das Flimmerepithel sitzt gemeinsam mit Becherzellen einer Basalmembran (Bowman'sche Membran) auf. Im Bereich des Ostium maxillare findet man häufig kavernoöses Schwellgewebe, wodurch die Passierbarkeit zur Nasenhöhle eingeschränkt werden kann (Schroll et al. 1998).

Selbst bei einer Perforation der Membran ist der Abtransport von kleinen Sekretanteilen durchaus noch gegeben und führt in den meisten Fällen nicht zu postoperativen Infektionen. Falls jedoch eine postoperative Infektion der Kieferhöhle auftritt, kann diese dazu führen, dass Implantat und Transplantat entfernt werden müssen. Aus diesem Grund ist eine ausreichende peri- und postoperative Infektionsprophylaxe für eine erfolgreiche Sinus Augmentation unerlässlich (Pertl, mündliche Mitteilung, Implantologiekongress, Zell am See, 2010).

## 1.3 Alveolar- und Kieferknochen

### 1.3.1 Knochenqualität

Knochengewebe stellt ein hoch spezialisiertes Bindegewebe dar, das zum Großteil aus Kollagenfibrillen und Hydroxylapatitkristallen besteht. Während des Wachstums und im ausgewachsenen Skelett findet zeitlebens ein kontinuierlicher Knochenumbau (natürliches Remodelling) bei äußerer Formstabilität statt. Dadurch ist es dem Knochen möglich, sich ändernden Funktionen und Anforderungen anzupassen (Lüllmann - Rauch et al. 2003).

Neben ausreichender Knochenquantität in vertikaler und horizontaler Ausrichtung, sowie günstiger Knochenmorphologie, spielt auch die Knochenqualität für die erfolgreiche Verankerung endossaler Implantate eine wichtige Rolle (Lee et al. 2010).

Das Klassifikationsschema der Knochenqualität nach LEKHOLM & ZARB (1985):

<b>KLASSE:</b>	<b>SPONGIOSA:</b>	<b>KOMPAKTA:</b>
1	wenig	überwiegend homogen
2	engmaschig	breit
3	engmaschig	dünn
4	weitlemig	dünn

Tabelle 01

Eine weitere Einteilung der verschiedenen Knochenqualitäten wurde von MISCH (1990) erstellt:

	<b>D1:</b>	<b>D2:</b>	<b>D3:</b>	<b>D4:</b>
<b>Kompakta: Spongiosa:</b>	dicht	dicht, porös, engmaschig	dünn, porös, weitmaschig	weitmaschig
<b>Lokalisation:</b>	atrophiierte, zahnlose UK- Front	OK- Front- oral, UK	OK fazial, UK- Molaren- Bereich, Zustand nach Osteoplastik von D2	Tuberbereich Zustand nach Osteoplastik von D3
<b>Primärstabilität:</b>	gut		gering	
<b>Blutversorgung:</b>	reduziert	gut		
<b>Implantat- Knochen Kontaktfläche:</b>	groß		reduziert	
<b>Implantatbett- Präparation:</b>	schwierig (Überhitzung)	einfach	schwierig	
<b>Klinik:</b>	oft geringe vertikale Knochenhöhe, längere Einheilzeit		Erhöhung der Implantatanzahl, Knochenkondensation, max. Ausnutzung des Knochenangebots notwendig	

**Tabelle 02**

### 1.3.2 Alveolarfortsatzatrophie

Die Alveolarfortsätze besitzen eine Spongiosastruktur, deren Trajekturen so angeordnet sind, dass diese jene Kräfte, die als Druck durch intermittierenden Zahnkontakt beim Kauen, Schlucken, Sprechen und bei parafunktionellem Stress (Knirschen, Pressen) aufnehmen und auf den jeweiligen Kiefer übertragen. Die Alveolarfortsätze sind zahnabhängige Strukturen, da sie sich mit der Bildung und dem Durchbruch der Zähne entwickeln und mit deren Verlust aufgrund der *Inaktivitätsatrophie* wieder zurückbilden (Schroeder et al. 2000, Waldeyer et al. 2003). Durch den Rückzug der Alveolarfortsätze in Richtung der Belastung (nach zentripetal im Oberkiefer beziehungsweise nach zentrifugal im Unterkiefer) kann eine Divergenz beider Zahnbögen entstehen, wodurch im Seitenzahnbereich eine scheinbare kreuzbissartige, im Frontzahnbereich eine progene Lagebeziehung vorherrschen kann (Schroll et al. 1998). Ist der Unterkieferalveolarkamm vollkommen resorbiert, tritt ein Abbau des Corpus mandibulae ein, wobei der Canalis mandibulae relativ gesehen nach cranial wandert und in Extremfällen das Foramen mentale direkt am Kieferkamm zu liegen kommt (Schroll et al. 1998).

In Bereichen der posterioren Maxilla kommt es aufgrund des äußeren Luftdruckes und fehlender Belastung des Alveolarknochens zu fortschreitender Pneumatisierung (= Ausdehnung der Kieferhöhle) und zu daraus resultierender Alveolarfortsatzatrophie (Spiekermann et al. 1994).

Nach LEKHOLM & ZARB werden fünf verschiedene Atrophiegrade für den zahnlosen Oberkiefer und Unterkiefer unterschieden:

<b>GRAD:</b>	<b>KENNZEICHEN:</b>
<b>A</b>	fast vollständiger Alveolarkamm
<b>B</b>	geringfügige Resorption des Alveolarkammes
<b>C</b>	fortgeschrittene Resorption des Alveolarkammes bis zum Basalbogen
<b>D</b>	beginnende Resorption des Basalbogens
<b>E</b>	extreme Resorption des Basalbogens

Tabelle 03

Die Alveolarfortsatzatrophie verläuft nach einem relativ stereotypen Muster und wird nach CAWOOD und HOWELL (1988) in sechs Grade eingeteilt. Diese sind sowohl für den Alveolarfortsatz des Oberkiefers, als auch für den des Unterkiefers gültig.

<b>KLASSE:</b>	<b>KENNZEICHEN:</b>
<b>I</b>	bezahnter Kiefer
<b>II</b>	unmittelbar post extractionem
<b>III</b>	Gerundeter Kieferkamm, adäquate Höhe, adäquate Breite
<b>IV</b>	messerscharfer Kamm, inadäquate Breite, adäquate Höhe
<b>V</b>	flacher Kieferkamm, inadäquate Breite und Höhe
<b>VI</b>	hoch atropher Kieferkamm mit teilweise negativen Kieferkämmen

**Tabelle 04**

Die Resorption des Alveolarfortsatzes im Unterkiefer erfolgt dabei viermal schneller als im Oberkiefer (Schroll et al. 1998, Schwenger et al. 2000).

Die schonende Zahnextraktion stellt die wichtigste Maßnahme der präprothetischen Zahnheilkunde dar. Je schonender die Zahnextraktion erfolgt, desto langsamer schreiten die Resorptionsvorgänge voran. Auch das unmittelbare Tragen einer Prothese nach Extraktion verbessert die Verhältnisse für den Alveolarknochen enorm. Durch eine persistierende Okklusion wird das gesamte stomatognathe und neuromuskuläre System vor den Folgen der Zahnlosigkeit geschützt (Schroll et al. 1998).

## 1.4 Allgemeinmedizinische Risikofaktoren für Implantatverlust

Das Bestehen von im Folgenden aufgelisteten Risikofaktoren kann zu einer insuffizienten Osseointegration und letztlich zu Implantatverlust führen.

Zu den **generellen** und **temporären Risikofaktoren** für Implantatverlust zählen:

- Systemerkrankungen des Knochens
- hämatologische Erkrankungen
- Zustand vor oder nach Radiatio im Kopf- Halsbereich
- pathologische Befunde im Kieferknochen
- pathologische Veränderungen an der Mundschleimhaut
- Gravidität
- nicht abgeschlossenes kraniales Knochenwachstum mit unvollständigem Zahndurchbruch
- psychologischer Problempatient
- Alkohol- und Drogenabusus
- schlechte Mundhygiene
- sanierungsbedürftige Zähne  
(Tetsch et al. 2005)

Ein erhöhtes Risiko für eine insuffiziente Osseointegration und Langzeitprognose gibt es weiters bei:

- Osteoporose im Kieferbereich
- Nikotinabusus
- Wundheilungsstörungen durch hämatologische und immunologische Erkrankungen
- Autoimmunerkrankungen
- Diabetes mellitus
- HIV- Infektionen
- parafunktionale Störungen
- Herzinsuffizienz
- Endokarditis

- Dauermedikation: Antikoagulantien, Antidepressiva, Immunsuppressiva (Goene´ et al. 2005, Tetsch et al. 2005)

## 1.5 Implantologie

Die zahnärztliche Behandlung mit Implantaten hat sich in den letzten Jahren als Standardmaßnahme für den Ersatz verlorener Zähne etabliert. Eine besondere Herausforderung stellt die implantatgetragene Rehabilitation des Oberkieferseitenzahnbereiches dar. Durch Pneumatisierung des Sinus maxillaris einerseits und Atrophie des Alveolarkammes andererseits entsteht ein zumeist stark kompromittiertes knöchernes Lager (Penarrocha-Diago et al. 2004, Anitua et al. 2008, Raviv et al. 2010).

Die Osseointegration eines zahnärztlichen Implantates kann mit der direkten primären Frakturheilung verglichen werden (Schenk et al. 1998).

### 1.5.1 Osseointegration

Brånemark implementierte für das knöcherne Einheilen von Implantaten erstmals 1977 den Begriff der *Osseointegration* (Albrektsson et al. 1989). Unter Osseointegration versteht man eine *direkte funktionelle und strukturelle Anlagerung von geordnetem, lebendem Knochen an die Oberfläche eines belasteten Implantates* (Lambrecht et al. 2008). Heutzutage gilt die Osseointegration als Voraussetzung für ein funktionsfähiges Implantat im Knochen (Schwenzer et al. 2000, Lambrecht et al. 2008).

### 1.5.2 Die Phasen der Implantateinheilung

Nach erfolgter Implantation beginnt sich das periimplantäre Koagulum erstmals zu organisieren. Das Blut aus dem Implantatbett tritt mit der Oberfläche des Implantates in Verbindung. Die Vasokonstriktion setzt ein und es bildet sich ein Fibrinnetz aus, in dem sich Osteoblasten zur Knochenneubildung am Implantat anlagern. In weiterer Folge kommt es zu einer Fremdkörperreaktion rund um das Implantat. Nach ein bis zwei Wochen entsteht ein *unreifer fibrocartilaginöser Kallus*, der am Ende der zweiten Woche zu einem *Geflechtknochen* umgewandelt wird (Cacaci et al. 2006, Jakse, mündliche Mitteilung, Vorlesung: Zahnärztliche Chirurgie III an der Medizinischen Universität Graz, 2009).

Osteoblasten wandeln den entstandenen Geflechtknochen in einen *lamellären Knochen* um. Durch Sklerosierung der Umgebung wird das inserierte Implantat entsprechend stabilisiert. Die darauffolgende Reifungs- und Anpassungsphase des implantatnahen Knochens ist nach etwa einem Jahr abgeschlossen (Jakse, mündliche Mitteilung, Vorlesung: Zahnärztliche Chirurgie III an der Medizinischen Universität Graz, 2009).

Sowohl die Aufrechterhaltung des bestehenden Knochens (Remodelling nach dem Wolff'schen Gesetz) als auch die Knochenneubildung sind maßgeblich für den Langzeiterfolg des Implantates verantwortlich (Schenk et al. 1989).

Weitere die Osseointegration eines Implantates beeinflussende Parameter stellen neben den auftretenden mechanischen Belastungen auch die Geometrie des Implantatsystems sowie die Beschaffenheit der Implantatoberfläche und ihre Biomechanik dar (Lambrecht et al. 2008).

In Bereichen der größten Lastaufnahme kommt es zu einem Knochenneubau, in Bereichen verminderter Belastung jedoch zu vermehrter Osteoklastenaktivität und daraus resultierendem Knochenabbau (Schenk et al. 1989).

### 1.5.3 Implantatmaterialien

Zahnärztliche Implantate gehören zu der Gruppe der *alloplastischen Materialien* (Osborn et al. 1980, Sykaras et al. 2000), die aufgrund ihrer Wechselwirkung mit periimplantärem Gewebe in folgende Kompatibilitätsgruppen unterteilt werden:

KOMPATIBILITÄTSGRUPPE:	MATERIAL:	EIGENSCHAFTEN:
<b>Biotolerierte Materialien:</b>	CrCoMo - Legierung Gold Niob	bindegewebige Schicht zwischen Implantat und Knochen, > <u>Distanzosteogenese</u>
<b>Bioinerte Materialien:</b>	Titan Aluminiumoxid Zirkoniumoxid	> <u>Kontaktosteogene</u> ohne intermediärer Bindegewebsschicht
<b>Bioaktive Materialien:</b>	Hydroxylapatit Tricalciumphosphat	> <u>Verbundosteogenese</u>

Tabelle 05

Bioinerte Materialien besitzen, wie auch bioaktive Materialien, *osseokonduktive* Eigenschaften und werden deshalb als Werkstoff zur Herstellung von Implantaten verwendet (Jakse, mündliche Mitteilung, Vorlesung: Zahnärztliche Chirurgie III an der Medizinischen Universität Graz, 2009, Sykaras et al. 2000).

Nach der Implantation von biotolerierten Materialien, wie CrCoMo - Legierungen, Gold und Niob, entsteht eine bindegewebige Kapsel zwischen Implantat und Knochen. Im Gegensatz zur Distanzosteogenese besteht bei der Kontaktosteogenese eine unmittelbare Knochenanlagerung an die Implantatoberfläche ohne intermittierende Bindegewebsschicht. Beispiele für Materialien, die eine Kontaktosteogenese erzeugen, sind Titan, Aluminiumoxid und Zirkonoxid. Bei der Verbundosteogenese kann eine Verbindung zwischen Implantat und Knochen auf molekularer und kristalliner Ebene festgestellt werden.

Bioaktive Materialien, die eine solche Verbundosteogenese hervorrufen, sind Hydroxylapatit und Tricalciumphosphat (Osborn et al. 1980, Sykaras et al. 2000).

#### 1.5.3.1 Titan

In der Zahnmedizin hat sich die Verwendung von *Reintitan* durchgesetzt und als vorteilhaft erwiesen. Zahnärztliche Implantate werden fast durchwegs aus Titan gefertigt, das aufgrund seiner Dichte von nur  $4,5 \text{ g/cm}^3$  zur Gruppe der Leichtmetalle gezählt wird und dessen Schmelzpunkt bei  $1672^\circ\text{C}$ , der Siedepunkt bei  $3262^\circ\text{C}$  liegt (Holleman et al. 1976, Wataha et al. 1992, Ozkurt et al. 2010).

Die durch die Reaktion von elementarem Titan und Luftsauerstoff entstehende stabile Oxidschicht (Passivierungsschicht) des Titans verhindert einen Ladungsaustausch mit periimplantärem Gewebe und Korrosionserscheinungen (Pröbster et al. 1994, Schwenger et al. 2000). Darüber hinaus ist Titan biochemisch inert und entwickelt keine toxischen Eigenschaften (Kappert et al. 1994). Alle diese Eigenschaften machen Titan zu einem einzigartigen, unersetzbaren Werkstoff für die zahnärztliche Implantologie.

#### **1.5.4 Implantatoberflächen**

Die Oberflächenmorphologie von Implantaten spielt für den implantologischen Langzeiterfolg eine entscheidende Rolle, da sie im Idealfall eine optimale biomechanische Verankerung des Implantates im Knochen ermöglicht.

Die Neubildung von Knochen um das Implantat wird von der chemischen Zusammensetzung der Implantatoberfläche, der Oberflächenenergie, der Oberflächenrauigkeit und der Oberflächenmorphologie wesentlich beeinflusst (Davies et al. 1998, Gehrke et al. 2003).

Die meisten der heute verwendeten dentalen Implantate haben im Gegensatz zu den klassischen Bränemark - Implantaten eine gestrahlte Oberfläche. Häufig

weisen Implantate mit einer gestrahlten Oberfläche auch eine mit Säure geätzte Oberfläche auf (Wennerberg et al. 2010).

Neben maschineller Herstellung oder Säureätzung kann auch eine geraute Implantatoberfläche erzeugt werden. Diese geraute Oberfläche entsteht durch Bestrahlung des Implantatkörpers mit bioabsorbierbarem Hydroxylapatit (Misch et al. 2006).

Man unterscheidet folgende Implantatoberflächen:

#### Titan ohne Oberflächenbearbeitung:

Das klassische Bränemark - Implantat weist eine glatte Implantatoberfläche auf, die durch die zerspannende Bearbeitung erzeugt wird (Bränemark et al. 1977).

#### Titan mit Oberflächenbearbeitung durch mineralische Säuren:

Mikroporositäten, die durch Säureätzung erzeugt werden, können die Zellanhaftung steigern (Sammons et al. 2005). Bei diesem Verfahren entstehen Mikropits mit 1µm Durchmesser, die ein Verankern der Osteblastenausläufer in der Implantatoberfläche ermöglichen (Zinger et al. 2004). Mit Säuren geätzte Implantatoberflächen weisen des Weiteren eine bessere Knochenanlagerung auf als glatte Oberflächen (Wong et al. 1995).

#### Titan mit Oberflächenbearbeitung durch Strahlen:

Eine tiefere Aufrauung der Implantatoberfläche erleichtert das Einwachsen der Osteoblasten in die Mikrostruktur und bietet eine geringere Retentionsmöglichkeit für Plaque im Vergleich zur Titan- Plasma- Beschichtung (Novaes et al. 2002).

#### Kombination von Strahlen und Ätzen:

Das primäre Strahlen und anschließende Ätzen schafft eine Oberfläche, die eine kombinierte mechanische und biologische Verankerung im Mikrobereich ermöglicht. Die Neutralisation des Ätzmusters ermöglicht eine Veränderung des Benetzungsverhaltens von hydrophob zu hydrophil (Rupp et al. 2004).

Zusammen mit beschichteten Oberflächen bieten Implantate mit einer durch Korundstrahlen und Hochtemperatur - Säureätzung mikrostrukturierten Oberfläche die beste Möglichkeit der Knochenanlagerung (Wennerberg et al. 2000). Die Benetzbarkeit der Oberfläche und die Oberflächenenergie können die Osseointegration fördern (Sammons et al. 2003, Novaes et al. 2004). Untersuchungen mit Zellkulturen zeigen, dass hydrophile Oberflächen benetzbar sind und eine frühe Anlagerung von Proteinen bewirken (Cochran et al. 2002).

Die in dieser klinischen Studie verwendeten Biomet 3i NanoTite™- Implantate haben eine zweifach geätzte Oberfläche, die zusätzlich mit Kalziumphosphatkristallen (NanoTite™, Biomet 3i, Palm Beach Gardens, FL, USA) behandelt wurde.

### **1.5.5 Implantatbelastung**

Bei den auf ein osseointegriertes Implantat einwirkenden Kräften unterscheidet man zwischen dynamischer und statischer Belastung (Schwenzer et al. 2000). Die dynamische Belastung von Implantaten bezeichnet die Krafteinwirkung, der ein Implantat während der funktionellen Belastung ausgesetzt wird. Unter statischer Belastung eines Implantates hingegen versteht man die Belastungen, die durch unter Spannung stehende Suprakonstruktionen erzeugt werden. Solche Abweichungen werden im natürlichen Gebiss durch die Beweglichkeit des Zahnes innerhalb gewisser Grenzen ausgeglichen. Ein osseointegriertes Implantat hingegen kann diese Ungenauigkeiten nicht kompensieren. Bei zusätzlicher Kaubelastung können als Folge einer zu hohen Grundspannung Überbelastungen auftreten. Konsequenzen sind Lockerungen oder Frakturen von Abutmentschrauben bis hin zu periimplantären Knochenresorptionen, Abplatzungen der Keramik oder Implantatfrakturen (Schwenzer et al. 2000). Die größte prothetische Belastung wirkt im krestalen, die geringste im apikalen Bereich des Implantates (Misch et al. 2006).

## 2 Augmentationstechniken

In der präprothetischen Chirurgie versteht man unter Augmentation diverse Wiederherstellungsmaßnahmen verloren gegangener Knochensubstanz. Erwünscht ist eine *Restitutio ad Integrum* (Regeneration) und nicht eine Reparatur durch Narbenbildung. Form und Funktion des ursprünglichen Knochens sollen wieder hergestellt werden. Die Rekonstruktion des Knochens, der eine dynamische Struktur darstellt, erfolgt durch *Remodelling*. Auf der einen Seite wird alter Knochen durch Osteoklasten resorbiert, auf der anderen Seite bilden Osteoblasten die neue Knochenmatrix. Überwiegen die Resorptionsvorgänge durch fortschreitenden Zahnverlust, kann es zu Atrophie von Kieferarealen kommen, die vor der Implantation rekonstruiert werden müssen (Piehslinger et al. 2006, Lambrecht et al. 2008). Nach einer *Totalatrophie* im Oberkiefer bleiben der harte Gaumen, die Spina nasalis, der Processus zygomaticus, das Tuber maxillae und eine knöcherne Abgrenzung zur Kieferhöhle als Leitstrukturen zurück (Wegscheider, mündliche Mitteilung, Vorlesung: Prothetik an der Medizinischen Universität Graz, 2010).

### 2.1 Sinus Augmentation

Der Begriff Sinus Augmentation (Sinuslift, Sinusbodenelevation) beschreibt die Ablösung der basalen Kieferhöhlenschleimhaut vom Knochen und ihre anschließende Elevation (Lambrecht et al. 2008).

Die Thematik der Sinusbodenelevation wurde erstmals 1977 von *Tatum* beschrieben und gilt heute als Standardverfahren in der Implantatchirurgie (Wallace et al. 2003, Esposito et al. 2011, Maló et al. 2011). Durch diese revolutionäre Technik wurde es möglich, die posteriore Maxilla implantatprothetisch adäquat zu versorgen. 1980 veröffentlichten *Boyne & James* Publikationen zu dieser Augmentationsmethode.

Im Wesentlichen etablierten sich zwei Techniken als Methoden der Wahl zur Augmentation der posterioren Maxilla:

- Die *klassische Technik nach Tatum* über einen *lateralen Zugang* mit Fenestrierung des bukkalen Knochens (Boyne & James 1980). Modifikationen dieser Technik wurden 1989 von *Kent & Block* publiziert.
- Der *krestale Zugang: Osteotomie nach Summers* (Woo 2004).

## **2.1.1 Die laterale Fenestrierung**

### 2.1.1.1 Chirurgisches Vorgehen

Bei der Sinus Augmentation wird krestal entlang der unbezahnten Kieferkammareale inzidiert. Anschließend werden vertikale Entlastungen jeweils mesial und distal des Operationsgebietes durchgeführt. Wahlweise kann, falls noch Zähne vorhanden, ein Zahnfleischrandschnitt erfolgen. Die darauffolgende Präparation des Mukoperiostlappens mit dem Freer dient zur Darstellung des Alveolarkammes und der lateralen Sinuswand. Im Folgenden wird oberhalb des Alveolarknochens mit dem Rosenbohrer oval osteotomiert (Lorenzoni, Habilitationsschrift 1999). Eine sichere Hartgewebspräparation bietet, neben der klassischen Anwendung von rotierenden Instrumenten wie Kugel - oder Diamantbohrern, die Piezochirurgie (Steltze et al. 2009). Mit einem speziell geformten Sinuselevator wird die dünne Sinusmukosa (0,9 mm) vorsichtig vom Knochen gelöst. Der so entstandene Hohlraum muss ausreichend dimensioniert sein und bis zur palatinalen Wand präpariert werden. Dabei ist darauf zu achten, die Kieferhöhlenschleimhaut (Schneider'sche Membran) nicht zu verletzen. In diesen mehrwandigen Defekt kann nun das Augmentationsmaterial eingebracht werden (Steltze et al. 2009).

Als Augmentationsmaterial können entweder Knochenchips oder -späne aus Eigen- oder Fremdknochen oder synthetische Knochenersatzmaterialien dienen (Lorenzoni, Habilitationsschrift 1999, Woo et al. 2004, Lambrecht et al. 2007).

Es ist darauf zu achten, die Kavität nicht zu überfüllen, da dies eine Nekrose der Schneider'schen Membran zur Folge hätte. Zuletzt wird der Mukoperiostlappen reponiert und dicht vernäht. Aufgrund des durch diese Methode gewonnenen Knochenangebotes bietet die Sinus Augmentation eine Voraussetzung für die Osseointegration von Implantaten und ermöglicht somit eine suffiziente implantologisch - prothetische Versorgung (Lorenzoni, Habilitationsschrift 1999, Woo et al. 2004, Lambrecht et al. 2007).

#### 2.1.1.2 Mögliche Komplikationen einer Sinus Augmentation

In der Literatur wird die Perforation der Schneider'schen Membran als eine Komplikation während der Sinus Augmentation gesehen (Jensen et al. 1994). Die Implantatüberlebensrate hängt von der Größe der Perforation ab (Hernández et al. 2008).

Bei 25 - 30% der PatientenInnen treten Underwood - Septen in Erscheinung, die als anatomische Variation den Sinus maxillaris in unterschiedliche Recessus unterteilen und zu einer Perforation der Schneider'schen Membran führen können (Ulm et al. 1995). Nur die Computertomographie kann Auskunft über den genauen Verlauf solcher Septen geben (González-Santana et al. 2007).

Falls es zu einer Perforation kommen sollte, kann diese mit Hilfe einer Membran und fixierenden Pins wieder gedeckt werden (Pertl, mündliche Mitteilung, Implantologiekongress, Zell am See, 2010). Unter Einsatz speziell entwickelter mikrochirurgischer Instrumente bei gleichzeitiger optischer Vergrößerung und optimaler Ausleuchtung kann der externe Sinusliftzugang auf ein Minimum verkleinert und die Rate der Membranperforationen signifikant reduziert werden (Shakibaie- M. et al. 2008).

Neben der Perforation der Schneider'schen Membran stellt die *Sinusitis* eine weitere Komplikation bei der Augmentation der Kieferhöhle dar.

Meist wird diese durch Infektion des Augmentationsmaterials während der Operation verursacht und erfordert eine Revision der Kieferhöhle (Cho - Lee et al. 2010).

In weiterer Folge können postoperative Wundheilungsstörungen, purulente Exsudationen oder eine Heilung per secundam intentionem, sowie Periimplantitiden auftreten (Cho - Lee et al. 2010, Vernamonte et al. 2010).

Weitere mögliche Komplikationen einer Sinus Augmentation:

- Dissoziation (Augmentationsmaterial befindet sich in der Kieferhöhle)
- Dislokation (aufgrund meist unzureichender Mobilisation der Kieferhöhlenschleimhaut wurde das Implantat nicht an der geplanten Stelle inseriert)
- Nasennebenhöhlenlift (bei einer hoch atrophnen Maxilla kann die Nasenhöhle oft weit ausgedehnt sein)
- Bindegewebsbildung statt Knochenneubildung (die Implantation in einem zweizeitigen Vorgehen ist dadurch oft nicht möglich)
- Perimukositis (epulisartige Wucherungen der Kieferhöhlenschleimhaut)
- Vorhandensein von ausgedehnten Zysten und Kieferhöhlenfisteln
- Implantatdislokationen in die Kieferhöhle  
(Haas, mündliche Mitteilung, Sinusfortbildung 2004).

Um die Rate der genannten Membranrupturen zu reduzieren und den ortsständigen, vestibulären Alveolarfortsatzknochen zu schonen, wurden alternative Operationstechniken wie beispielsweise die *Osteotomietechnik nach Summers*, die *Ballondilatationsmethode nach Benner* oder die *endoskopische Technik nach Baumann & Ewers*, vorgestellt (Baumann et al. 1999, Steltzle et al. 2009, Summers et al. 1994, Tatum et al. 1986).

## 2.1.2 Die Summers Osteotomietechnik

Die Summers Osteotomietechnik wird auch als *interner Sinuslift* bezeichnet und ist eine weniger invasive Operationsmethode als die laterale Fenestrierung. Die Entscheidung für eine der unterschiedlichen Sinusbodenelevationstechniken hängt von der Restknochenhöhe zwischen Alveolarkamm und Sinusboden ab. Fehlt für die Implantation nur wenig Knochenhöhe (< 4mm), kann die Summers Osteotomietechnik angewandt werden (Woo et al. 2004).

Die wesentlichen Vorteile der Summers Osteotomie bestehen in der Erhaltung des Knochens im Bereich des Implantatlagers und der Verdichtung des weichen Knochens. Eine vergleichsweise einfache Handhabung, eine atraumatische Vorgangsweise sowie eine relativ geringe Komplikationsrate bieten weitere Vorteile dieser Behandlungsoption. Nachteile der Summers Osteotomie liegen im eingeschränkten Indikationsspektrum dieser Operationstechnik (Woo et al. 2004, Pontes et al. 2010).

## 3 Augmentationsmaterialien

Je nach Indikationsstellung und Lokalisation der nötigen Augmentation stehen verschiedene Augmentationsmaterialien zur Auswahl. Augmentationsmaterialien dienen dazu, verloren gegangenes Knochenangebot wiederherzustellen, um ein suffizientes präimplantologisches Knochenlager zu schaffen. Knochendefizite entstehen als Folge einer Nichtbelastung von Knochen durch Zahnextraktionen, Zahnverluste, Nichtanlagen, posttraumatisch, aufgrund angeborener Defekte wie Lippen-, Kiefer- Gaumenspalten oder durch Knochenresektionen bei Tumoroperationen (Pschyrembel et al. 2001).

### 3.1 Einteilung und Begriffserklärung

#### **Osteogenese:**

Unter Osteogenese versteht man die Bildung und Entwicklung von Knochen. Ein osteogenes Transplantat bewirkt daher die natürliche Neubildung von Knochen und regt das Knochenwachstum an (Horch et al. 2003, Garg et al. 2006).

#### **Osseoinduktion:**

Der Begriff Osseoinduktion bezeichnet die Fähigkeit eines Materials oder einer Substanz, die Knochenbildung anzuregen (Schwenzer et al. 2000).

#### **Osseokonduktion:**

Weist ein transplantiertes Material osseokonduktive Eigenschaften auf, dient dieses als Leitstruktur für den neu entstehenden Knochen (Schwenzer et al. 2000).

Die Einteilung verschiedener Augmentationsmaterialien kann anhand unterschiedlicher Kriterien wie zum Beispiel Eigenschaften des Materials, Zusammensetzung oder Darreichungsform erfolgen (Pschyrembel et al. 2001).

Im Folgenden wird auf die Einteilung nach Art und Herkunft des Materials näher eingegangen. Man unterscheidet:

- Autogenes (autologes) Material:  
Das Material stammt vom Individuum selbst (Schwenzer et al. 2000).
- Xenogenes Material:  
Das Augmentationsmaterial stammt von Individuen verschiedener Spezies (Schwenzer et al. 2000).
- Alloplastisches Material:  
Synthetisch hergestellte Materialien, wie Tricalciumphosphate, Hydroxylapatit, Korallen- oder Algenabkömmlinge und Biogläser (Schwenzer et al. 2000).

Die folgende Tabelle zeigt in der Übersicht die verschiedenen in der Implantologie verwendeten Knochenersatzmaterialien:

<b>Grafttyp:</b>	<b>Synonyme:</b>	<b>Herkunft:</b>	<b>Beispiele:</b>
<b>Autograft</b>	autogen (früher: autolog)	Eigentransplantat	Kortikalis Spongiosa Kombination KM- Zellen
<b>Isograft</b>	syngen	eneiige Zwillinge, Inzucht, Verwandte	Kortikalis Spongiosa Kombination
<b>Allograft</b>	allogen homolog	gleiche Spezies	DFDBA FDDBA tiefgefrorenes KM Beckenkamm
<b>Xenograft</b>	xenogen heterogen	andere Spezies	Kollagen Knochen Hydroxylapatit
<b>Alloplast- Graft</b>	alloplastisch synthetisch	körperfremd chemisch	„plaster of Paris“ Kalziumkarbonat Kalziumphosphat (- Keramiken) HA, $\beta$ - TCP Biogläser, Polymere
<b>Mischtechniken</b>		z.B. autogen + alloplastisch	Kortikalis+Bio- Oss Collagen

Tabelle 06

## 3.2 Xenogene Knochenersatzmaterialien

Xenogene Knochenersatzmaterialien stellen Knochengewebe einer anderen Spezies dar, die aufgrund ihrer osseokonduktiven Eigenschaften in vielen Bereichen zahnärztlicher Chirurgie, wie bei der Sinus Augmentation, genutzt werden (Schwenzer et al. 2000). Die im Folgenden näher beschriebenen Knochenersatzmaterialien Bio-Oss® und Endobon® stellen Beispiele für häufig in der zahnärztlichen Implantologie verwendete xenogene Knochenersatzmaterialien dar.

### 3.2.1 Bio-Oss®



Abbildung 03: Geistlich Bio-Oss®



Abbildung 04: Geistlich Bio-Gide®

Bio-Oss® (bovines Knochenersatzmaterial) ist im Handel in zwei unterschiedlichen Partikelgrößen erhältlich: grob (1000-2000 µm) und fein (250-1000 µm).

Aufgrund der großen Ähnlichkeit zu menschlichem Gewebe, ist dieses Material gut dafür geeignet, die Bildung neuen Knochengewebes zu fördern ([www.geistlich.de](http://www.geistlich.de)).

Bei ausgedehnten Alveolarfortsatzatrophien dient Bio-Oss® als stabiles Knochenersatzmaterial sowohl zur vertikalen als auch zur horizontalen Knochenaugmentation.

Xenogenes Knochenersatzmaterial, das von bovinem Knochen stammt, hat sich als Alternative zu rein autogenem Knochenersatzmaterial, das als erstes von *Nabers* und *O'Leary* verwendet wurde und nur in limitierter Menge verfügbar ist, etabliert (Pham-Duong Hieu et al. 2010). Wegen seiner osseokonduktiven Eigenschaften ist Bio-Oss<sup>®</sup> resistenter gegen Knochenresorption nach Augmentation als autogenes Knochenersatzmaterial (Wanschitz et al. 2006). Bio-Oss<sup>®</sup> ist ein anorganisches Biomaterial, das nach Augmentation zu keiner Produktion von proinflammatorischen Zytokinen führt (Amerio et al. 2010).

Die kombinierte Verwendung einer resorbierbaren, bovinen Kollagenmembran und bovinem, xenogenem Knochenersatzmaterial gilt aufgrund der erreichten Wundstabilität durch die Membran, sowie ihrer Permeabilität, die einen gesicherten Ernährungstransfer erlaubt, als erfolgreiche Augmentationsmethode (Mardas et al. 2010, Todisco et al. 2010).

In der histologischen Untersuchung von Valentini et al. aus dem Jahre 1998 wurde die Osteoblastenbildung um die Bio-Oss<sup>®</sup> Partikel untersucht. In der Studie konnte ein inniger Kontakt zwischen dem neu gebildeten Knochen und dem Implantat, sowie ein fein gebildeter Saum von Osteoblasten um und zwischen den Bio-Oss<sup>®</sup> Partikeln festgestellt werden. Zahlreiche Studien beweisen, dass Bio-Oss<sup>®</sup> zu einer guten Osseointegration führen kann und als Füllmaterial ausgezeichnete osseokonduktive Eigenschaften aufweist. Besteht ein Augmentat zu 50% aus Bio-Oss<sup>®</sup> und zu 50% aus autogenem Knochen, kann man nach einer Beobachtungszeit von vier bis sechs Monaten im Zentrum des Augmentates eindeutig mehr neu gebildetes Knochenangebot beobachten als bei einer Augmentation mit autogenem Knochen alleine. Auch bei einem Sinuslift im hoch atrophien Kiefer ist es empfehlenswert, dem Augmentat Bio-Oss<sup>®</sup> beizumengen, da dadurch eine schnellere Regeneration und bessere Stabilität gegenüber einer Knochenresorption erreicht werden kann (Jakse, mündliche Mitteilung, Implantologiekongress Zell am See, 2010).

### 3.2.2 Endobon<sup>®</sup>



**Abbildung 05:** Endobon<sup>®</sup>- Knochenersatzmaterial

Unter Endobon<sup>®</sup> versteht man eine natürliche, osseokonduktive Hydroxylapatitkeramik, die sich aufgrund ihres Porensystems besonders gut als Knochenersatzmaterial eignet. Endobon<sup>®</sup> ist seit 1989 als Knochenersatzmaterial zur Therapie von Knochendefekten zugelassen (Briem et al. 2002).

Der neu gebildete Knochen kann direkt auf der Keramikoberfläche wachsen. Dadurch kommt es zu einer stabilen ossären Integration des implantierten Endobons<sup>®</sup> in den natürlichen Knochen.

Endobon<sup>®</sup> wird aus bovinem, spongiösem Knochen durch hyperthermale Entfettung und Verkalkung hergestellt und gehört wie auch Bio-Oss<sup>®</sup> zu den xenogenen Knochenersatzmaterialien ([www.biomet.com](http://www.biomet.com)). Weiters weist Endobon<sup>®</sup> eine gute Biokompatibilität (Galindo-Moreno et al. 2008, Ramírez-Fernández et al. 2011) und eine geringe Resorptionsrate nach Augmentation auf (Galindo-Moreno et al. 2008). In der zahnärztlichen Implantologie findet Endobon<sup>®</sup> in Kombination mit autogenem Knochenersatzmaterial häufig seine Verwendung bei der Sinus Augmentation (Browaeys et al. 2007).

Auch in der Unfallchirurgie wird Endobon<sup>®</sup> als xenogenes Knochenersatzmaterial zur Behandlung von beispielsweise Tibiakopffrakturen verwendet, da es aufgrund seiner osseokonduktiven Eigenschaften eine Alternative zu autogenem Spongiosamaterial bietet (Briem et al. 2002).

## 4 Kurze Implantate als Therapieoption

Die Invasivität und Komplikationsrate diverser augmentativer Eingriffe führte zur Entwicklung alternativer Behandlungsmöglichkeiten, wie der Verwendung angulierter Implantate, Zygomaimplantate oder kurzer Implantate (Esposito et al. 2010).

Durch die Einführung oberflächenoptimierter Implantate wird die Versorgung mit kurzen Implantaten im Oberkieferseitenzahnbereich als vergleichbare Therapieoption zur Implantation mit Standardlängenimplantaten und Sinus Augmentation diskutiert (Esposito et al. 2008, Fugazotto et al. 2008, Cannizzaro et al. 2009). In aktuellen Studien zeigen kurze Implantate Erfolgsraten von über 90% (Romeo et al. 2006, Degidi et al. 2007, Maló et al 2007).

Vorteilhaft aus der Sicht des Patienten sind sowohl der Verzicht auf augmentative Maßnahmen, als auch geringere postoperative Beschwerden. Weiters ermöglichen kurze Implantate ein kosten- und zeitsparendes Behandlungskonzept (Nevis et al. 1999, Goene´ et al. 2005, Toffler et al. 2006). Unphysiologische Längenverhältnisse zwischen Implantat und Krone, starke Kaukräfte, eine verringerte Knochendichte, Rauchen und schlechte Knochenqualität stellen Risikofaktoren dar, die zu einer höheren Fehlerquote kurzer Implantate in der posterioren Maxilla führen können (Goene´ et al. 2005). Aufgrund dieser Tatsache empfehlen Misch et al. (2006) die Elimination exzentrischer Kontakte, eine wechselseitig gestützte Okklusion, einen erweiterten Implantatdurchmesser, sowie die prothetische Verblockung mehrerer Implantate in der posterioren Maxilla (Misch et al. 2006).

## 4.1 Definition kurzer Implantate

Unter dem Begriff „**kurzes Implantat**“ versteht man definitionsgemäß ein Implantat mit einer Länge von unter 10 mm. Nach Analyse der Literatur zeigt sich, dass keine exakte Definition der Länge von „kurzen Implantaten“ existiert, jedoch häufig Implantate mit einer Länge von 6 bis 8 mm als „kurze Implantate“ bezeichnet werden (Goene´ et al. 2005, Renouard et al. 2005). Goene´ et al. verwendeten beispielsweise 7 und 8 mm lange Implantate, während Neves et al. (2006) in ihrer Literaturreview von insgesamt 33 Studien kurze Implantate mit einer Länge von 7, 8 bis 10 mm untersuchten. Nedir et al. (2004) sprachen bei all jenen Implantaten von „kurzen Implantaten“, die eine Länge unter 11 mm aufwiesen.

### **Lokalisation:**

Kurze Implantate können sowohl im Unterkiefer als auch im Oberkiefer als Behandlungsalternative bei reduziertem Restknochenangebot in Betracht gezogen werden (Davaranah et al. 2001). Tawil et al. 2003 erreichten in ihrer Studie mit insgesamt 269 kurzen Implantaten, die im Oberkiefer und Unterkiefer implantiert wurden, eine durchschnittliche Überlebensrate von 95,5%. Obwohl kurze Implantate häufig auch bei vermindertem Knochenangebot im Unterkiefer (Nedir et al. 2004, Teixeira et al. 1997) verwendet werden, stellen diese vor allem in den posterioren Bereichen der Maxilla eine alternative Therapieoption zur Sinus Augmentation und Implantation mit Standardlängenimplantaten dar (Renouard et al. 2005).

## **4.2. Vorteile und Nachteile kurzer Implantate**

### **4.2.1 Vorteile**

- geringerer Kostenaufwand als Implantate mit Standardlänge und Sinus Augmentation (Anitua et al. 2008, Misch et al. 2006),
- kürzere Behandlungszeiten (Nevis et al. 1999, Goene´ et al. 2005, Misch et al. 2006, Toffler et al. 2006, Anitua et al. 2008, Esposito et al. 2011),
- chirurgische Eingriffe im resorbierbaren Kieferknochen werden minimiert (Anitua et al. 2008),
- evidenzbasierte Erfolgsraten über 90% (Tawil et al. 2003, Goene´ et al. 2005, Arlin et al. 2006, Misch et al. 2006, Maló et al. 2007, Striezel et al. 2007, Anitua et al. 2008, Gant et al. 2009, Maló et al. 2011),
- Sinus Augmentation nicht erforderlich (Misch et al. 2006).

### **4.2.2 Nachteile**

- ungünstiges biomechanisches Längenverhältnis zwischen Implantatkrone und Implantatwurzel (Misch et al. 2006),
- mögliche okklusale Überbelastung aufgrund ungleichmäßiger Kaudruckverteilung durch die kleinere Implantatoberfläche im Vergleich zu konventionellen Implantaten (Misch et al. 2006),
- schlechte Prognose bei Rauchern und insuffizienter Knochenqualität (Misch et al. 2006).

### 4.3 Biomet 3i NanoTite™ - Implantate

Die vorliegende randomisierte klinische Pilotstudie basiert auf der Verwendung von Biomet 3i NanoTite™- Implantaten.

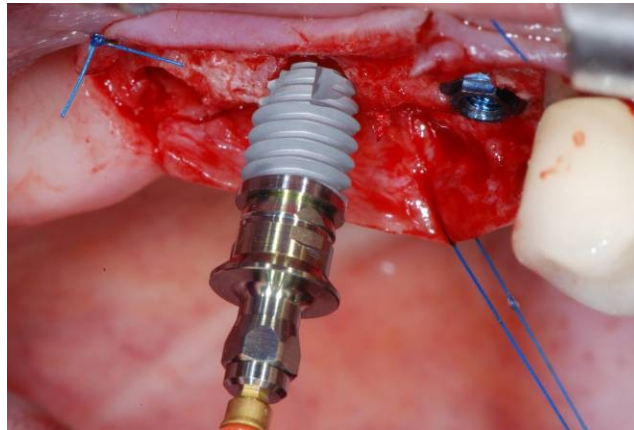


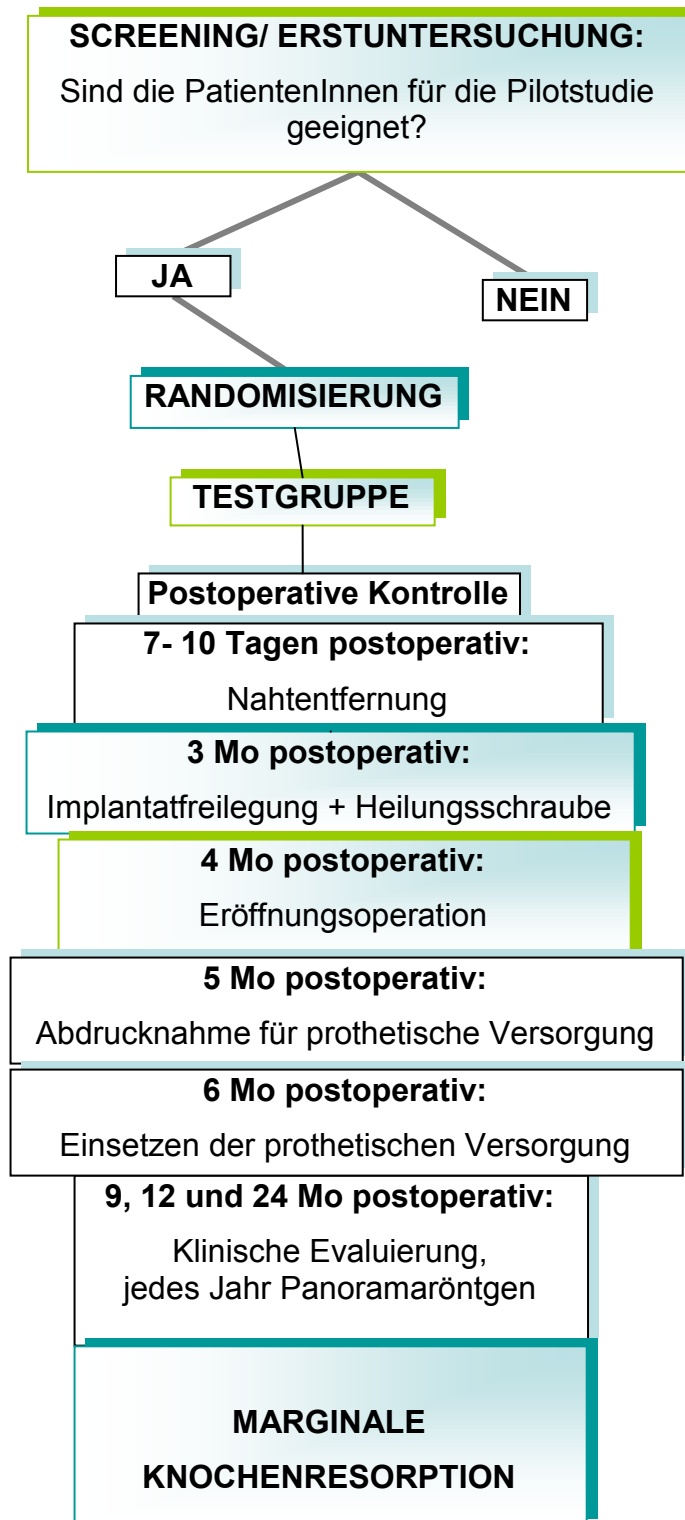
Abbildung 06

Das Oberflächendesign der NanoTite™- Implantate ist gekennzeichnet durch Einzelkristallauflagerungen von Kalziumphosphat (CaP) - Nanopartikeln, die durch die Verzahnung der frisch gebildeten Zementmatrix des neu entstandenen Knochens mit der Implantatoberfläche eine *Bone - Bonding - Oberfläche* bilden (Mendes et al. 2007). Dabei werden ultrakleine Partikel hochkristallinen Kalziumphosphats einer Lösung suspendiert, die zur „Selbstanlagerung“ auf der Titanoxidoberfläche des Implantates angeregt werden. Das Ergebnis sind Kristallablagerungen von 20 – 100 nm Länge mit außergewöhnlich starker Haftfestigkeit (Suttin et al. 2006).

Humanhistologische Analysen zeigen eine signifikante Steigerung des Knochen – Implantat - Kontaktes bei Verwendung der NanoTite™- Oberfläche (Goené et al. 2007).

### III MATERIAL UND METHODE

Die folgende **Abbildung 07** stellt den Behandlungsverlauf der klinischen Pilotstudie in der Übersicht dar:



## 5 PatientenInnen

Die klinische Pilotstudie wurde von der Abteilung für Prothetik und Restaurative Zahnheilkunde, unter der Studienleitung von **Univ.- Prof. Dr. Martin Lorenzoni**, an der Medizinischen Universität Graz durchgeführt und 2009 von der lokalen Ethikkommission bewilligt. Die Durchführung erfolgte nach den Grundsätzen der Deklaration von Helsinki in der Fassung 2000 und war ICH-GCP konform.

An der prospektiven, monozentrischen Pilotstudie nahmen 10 weibliche Patientinnen und ein männlicher Patient im Alter zwischen 34 und 64 Jahren im Zeitraum vom Jahre 2008 bis 2011 teil.

Die Aufnahme der PatientenInnen in die Pilotstudie erfolgte nach Unterfertigung der GCP konformen Patienteninformation und entsprechender Einverständniserklärung (informed consent). Alle Daten wurden mittels CRFs (Case Report Forms) dokumentiert. Die Anonymisierung der PatientenInnen erfolgte durch eine Ziffern- Buchstabenkombination.

Die anschließende statistische Auswertung der Ergebnisse der Pilotstudie wurde von Frau DI Irene Mischak an der Medizinischen Universität Graz durchgeführt.

### 5.1 Ein – und Ausschlusskriterien

Aufgenommen wurden jene PatientenInnen, die nach einem ersten Screening die im Folgenden angeführten **Einschlusskriterien** erfüllten:

1. Erwachsene PatientenInnen jedes Geschlechts und jeder Rasse
2. PatientenInnen, die eine Behandlungsnotwendigkeit in der posterioren Maxilla aufwiesen und eine entsprechende unilaterale prothetische Versorgung wünschten.

3. PatientenInnen, bei denen mindestens ein Restknochenangebot von 6 - 9 mm gemessen wurde und denen Implantate mit mindestens 4 mm Durchmesser implantiert werden konnten. Die Kontrolle erfolgte durch Panoramaröntgen, CT und DVT (digitale Volumetomographie).

Diejenigen PatientenInnen, bei denen ein oder mehrere der folgenden Kriterien zutrafen, wurden nicht in die Studie eingeschlossen. **Ausschlusskriterien** waren:

1. Infektionen und Entzündungen im betreffenden Kieferabschnitt
2. RaucherInnen (mehr als 10 Zigaretten pro Tag)
3. Unbehandelte Diabetes und metabolische Knochenstoffwechselstörungen
4. Bisphosphonattherapie
5. StrahlenpatientenInnen
6. Schwangerschaft
7. Parafunktionen
8. PatientenInnen, die sich nicht an einen Nachuntersuchungszeitraum von drei Jahren binden wollten
9. unbezahnte Maxilla

## 6 Chirurgisches Vorgehen

### 6.1 Implantation

Bei der Implantation wurde die Katalognummer des verwendeten Implantates genau erfasst. Zum Erreichen der endgültigen Position des Implantates wurde die Ratsche verwendet. Der letzte Torque und die Verwendung einer Ratsche mussten exakt vermerkt werden. Anhand eines Periotests wurde die Stabilität des Implantates gemessen. Danach wurde die Positionierung des Implantates (sup = supcrestal, cres = crestal, sub = subcrestal) dokumentiert.

Weiters erfolgte während der Implantation eine exakte Messung der Knochendichte:

- Typ I: hart
- Typ II: „normal“
- Typ III/IV: weich

### **Medikation:**

Clindamycin (Dalacin C® 400mg) und Antiphlogistika (Seractil forte® 400mg oder Voltaren® 50mg) stellten den Standard für perioperative Prophylaxe dar.

## **6.2 Beispiel einer Implantation mit kurzen Implantaten**

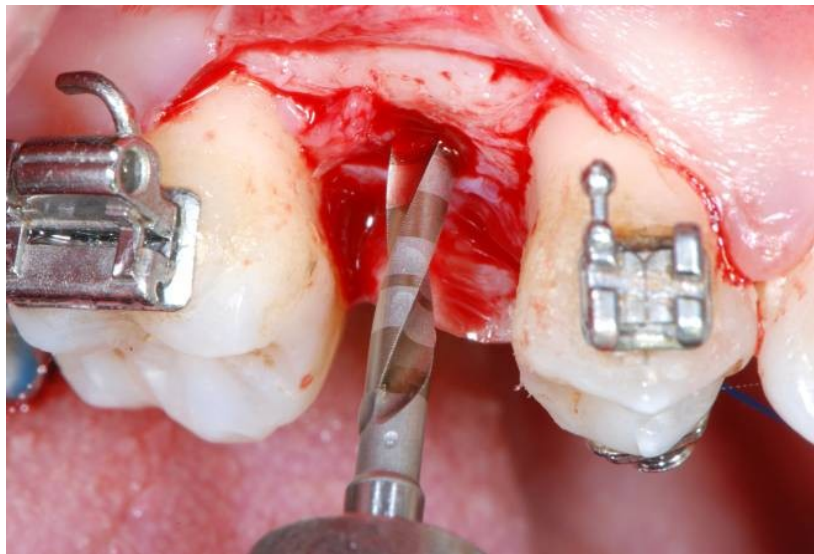
Die Implantation mit Biomet 3i NanoTite™ - Implantaten soll anhand des folgenden Patientenbeispiels näher beschrieben werden.

Ausgangssituation vor geplanter Implantation Regio 14 mit kombinierter kieferorthopädischer Behandlung:



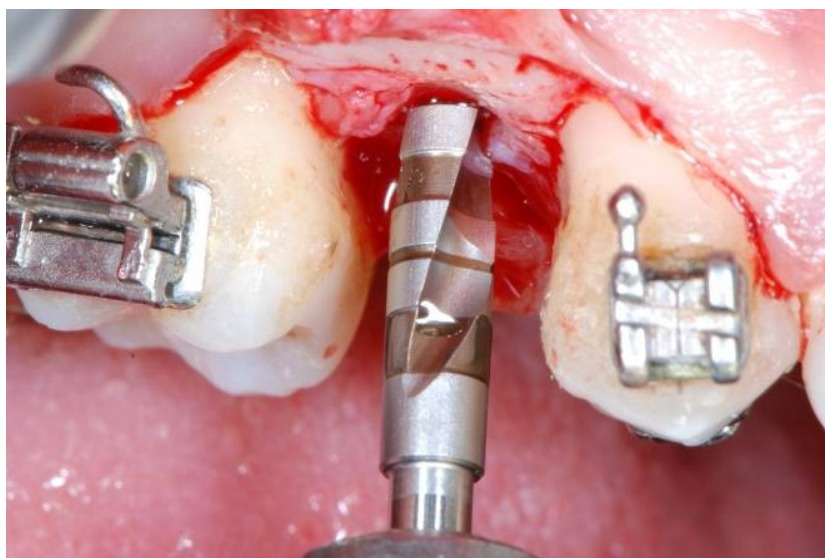
**Abbildung 08**

Pilotbohrung zu Beginn der Implantation:

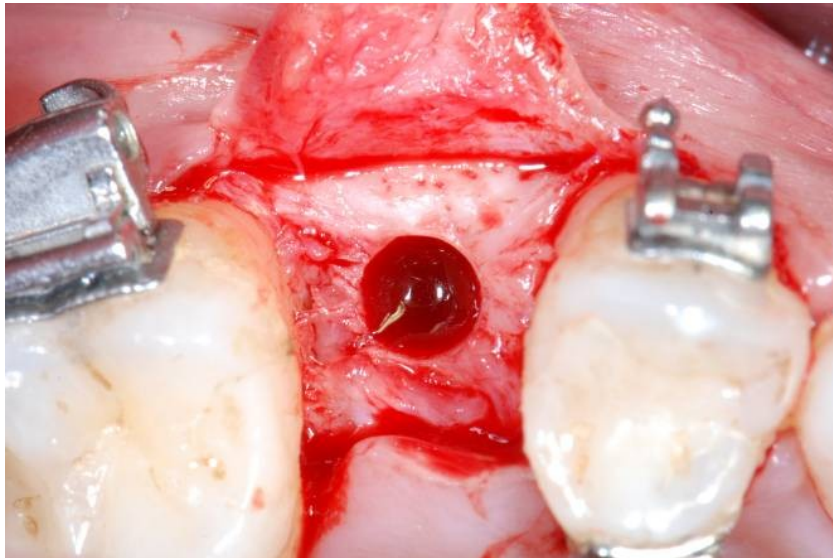


**Abbildung 09**

Schrittweises Aufbereiten des Implantatbettes bis zum gewünschten Durchmesser mit Implantatbohrern unterschiedlicher Größe und Längenmarkierung:

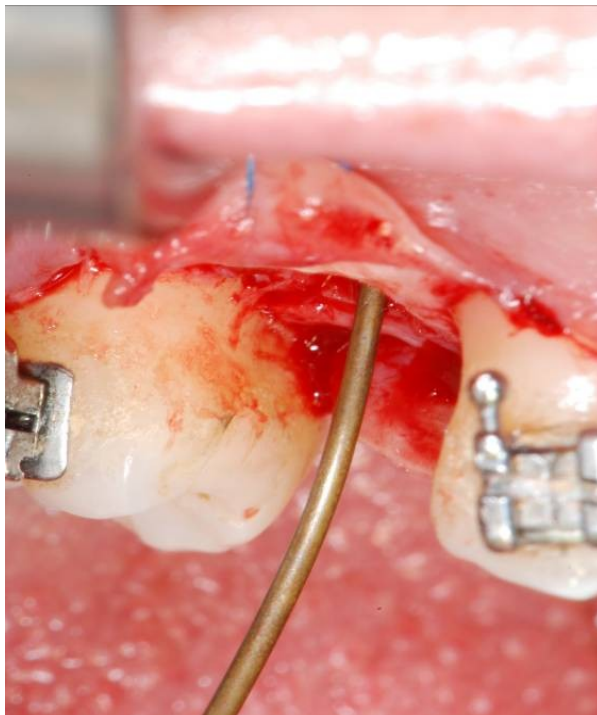


**Abbildung 10**



**Abbildung 11**

Vorsichtiges Sondieren des Kieferhöhlenbodens auf eine mögliche Perforation der Schneider`schen Membran:

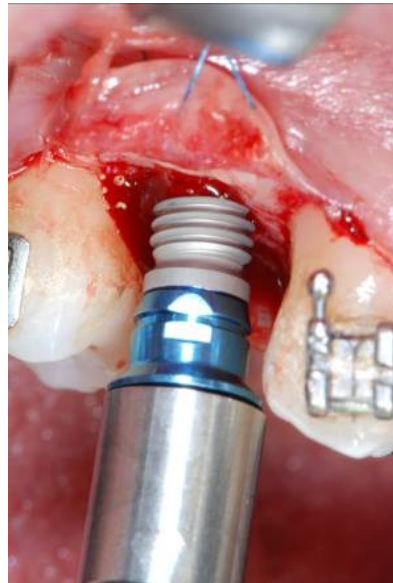


**Abbildung 12**

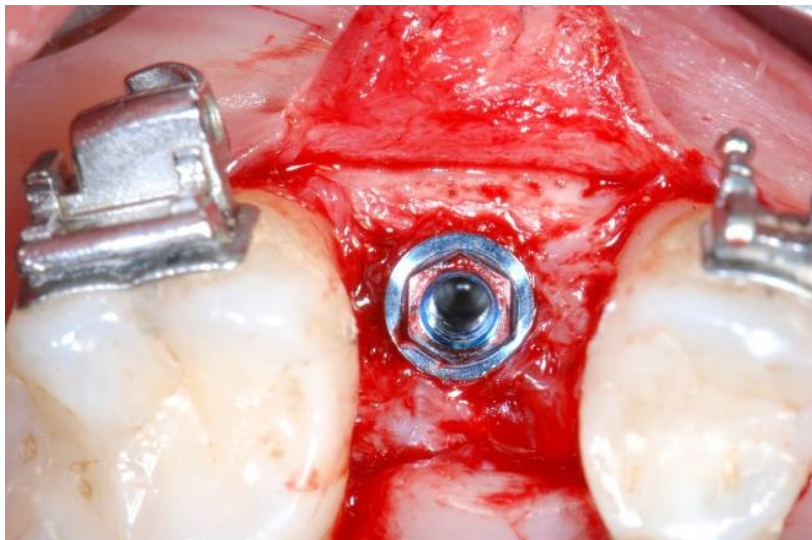
Maschinelles Einbringen eines Biomet 3i NanoTite™- Implantates:



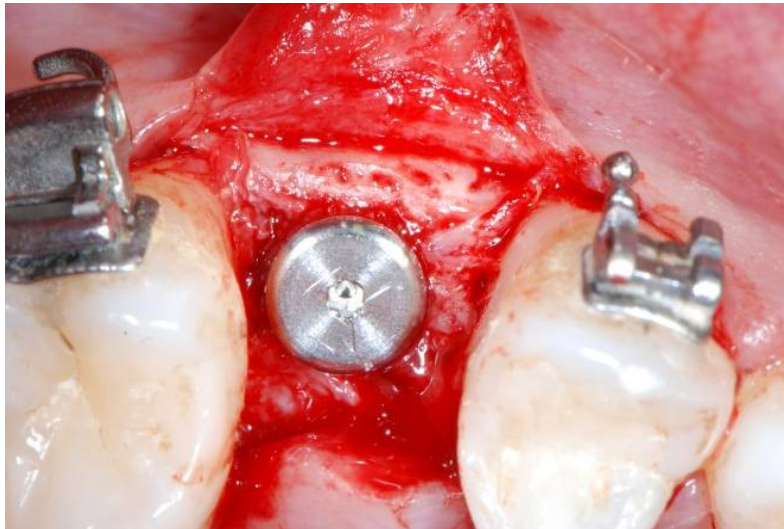
**Abbildung 13**



**Abbildung 14**

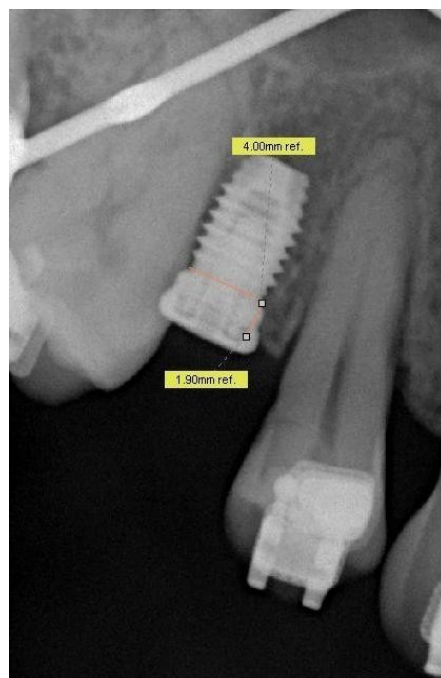


**Abbildung 15**



**Abbildung 16**

Anschließend erfolgten die Anfertigung eines postoperativen Kleinbildes und die Messung der marginalen Knochenhöhe anhand einer definierten Referenzlinie. Dabei handelt es sich um eine konstruierte Linie mit definiertem Abstand zur Implantatschulter (Höhe der Implantatschulter). Diese verläuft in mesio - distaler Ausrichtung und stellt die Basis für die Erhebung der marginalen Knochenresorption dar.



**Abbildung 17**

## 7 Datenerhebung

### 7.1 Klinische Evaluierung

#### Gingiva- Index:

Anhand des Gingiva- und Plaqueindex wurden an jeder Position des Implantates mögliche inflammatorische Prozesse genau untersucht und anhand eines fünfstufigen Schemas eingeteilt:

GRAD:	KENNZEICHEN:
0	normale Gingiva, keine Entzündung, keine Verfärbung, keine Blutung
1	kleine Farbveränderungen an der Gingiva, geringe Entzündung, geringe Oberflächenveränderung, keine Blutung
2	Farbveränderungen an der ganzen Gingiva, keine Ödeme
3	Rötungen, Ödeme und Hypertrophien
4	starke Rötung und Schwellung, Ödeme/ Hypertrophien, spontane Blutungen oder Ulzerationen

Tabelle 07

#### Plaque- Index:

GRAD:	KENNZEICHEN:
0	keine Plaque
1	dünner Plaquefilm am Gingivarand, nur erkennbar durch Abstreichen der Sonde
2	mäßig Plaque entlang dem Gingivarand, Interdentalräume frei, mit dem Auge erkennbar
3	viel Plaque entlang dem Gingivarand, Interdentalräume mit Plaque gefüllt

Tabelle 08

Die genaue Erhebung von Gingiva- und Plaque- Index erfolgte bei jeder Kontrolle des Patienten und stellt einen Teil des Routineprotokolls dar.

## **7.2 Weitere diagnostische Maßnahmen**

### **Panoramaröntgen:**

Ein Panoramaröntgen wurde als Teil des Routineprotokolls prae- und postoperativ, sowohl nach einem Jahr, als auch nach zwei und drei Jahren angefertigt.

### **CT/ DVT:**

Als Teil der Erstuntersuchung wurde ein CT oder DVT (Plameca ProMax 3D ProFace), welches Auskunft über das exakte Knochenvolumen geben soll, bei jedem Patienten angefertigt.

### **Kleinbild:**

Krestaler Knochenabbau und radiologisch sichtbarer Knochen- Implantat- Kontakt wurden anhand eines postoperativen Kleinbildes (Firma Sirona, MD+) genau erfasst. Bei dieser Messung wurde der krestale Knochenabbau jeweils mesial und distal des Implantates beurteilt. Der genaue Messvorgang wird auf Seite 55 näher beschrieben.

Ein Kleinbild wurde nach erfolgter Implantation und in weiterer Folge nach 3, 5, 9, 12 und 24 Monaten als Basis für die weitere Vermessung des Resorptionsverlaufes und zur Kontrolldiagnostik gemacht.

### **Periotest:**

Postoperativ wurde die Implantatstabilität mittels Periotest am selben Tag nach der Operation und dann nach 3, 5, 9, 12 und 24 Monaten gemessen und dokumentiert. Als Erfolg wurden Periotestwerte im Bereich zwischen -8 und +4 bezeichnet.

### 7.3 Befragung der PatientInnen

Die Evaluierung der postoperativen subjektiv empfundenen Beeinträchtigungen und möglichen Schmerzen der PatientInnen stellte einen zentralen Punkt dieser klinischen Studie dar. Die PatientInnen wurden jeweils am ersten, dritten und siebenten postoperativen Tag bezüglich ihrer Schmerzen und Beschwerden befragt und gebeten, diese anhand einer VAS (visual analogue scale) zu dokumentieren. Die VAS bezeichnete dabei eine 10 - teilige Schmerzskala, wobei das Ankreuzen von einem Punkt für eine schmerzfreie Behandlung, 10 für das Auftreten stärkster nur vorstellbarer Schmerzen stand.

<u>Schmerzskala</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Schwellung</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Hämatom</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Nasenbluten</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>eingeschränkte Mundöffnung</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Beeinträchtigung beim Essen</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Beeinträchtigung beim Sprechen</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Beeinträchtigung beim Schlucken</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10
<u>Beeinträchtigung im sozialen Umgang</u>	(1-10)	1 oooooooooo 10

Anzahl der eingenommenen Schmerztabletten: \_\_\_\_\_

**1 = kein Schmerz/ Schwellung/ Hämatom....**

**10 = stärkste vorstellbare Schmerzen/ Schwellung/ Hämatom....**

Nach erfolgter prothetischer Versorgung wurden die PatientenInnen hinsichtlich ihrer Zufriedenheit in Bezug auf die prothetische Versorgung anhand folgender Parameter befragt:

- Tragekomfort
- äußere Erscheinung
- Kaufunktion
- Geschmacksempfindung
- Schmerzen beim Schlucken
- generelle Zufriedenheit der PatientenInnen

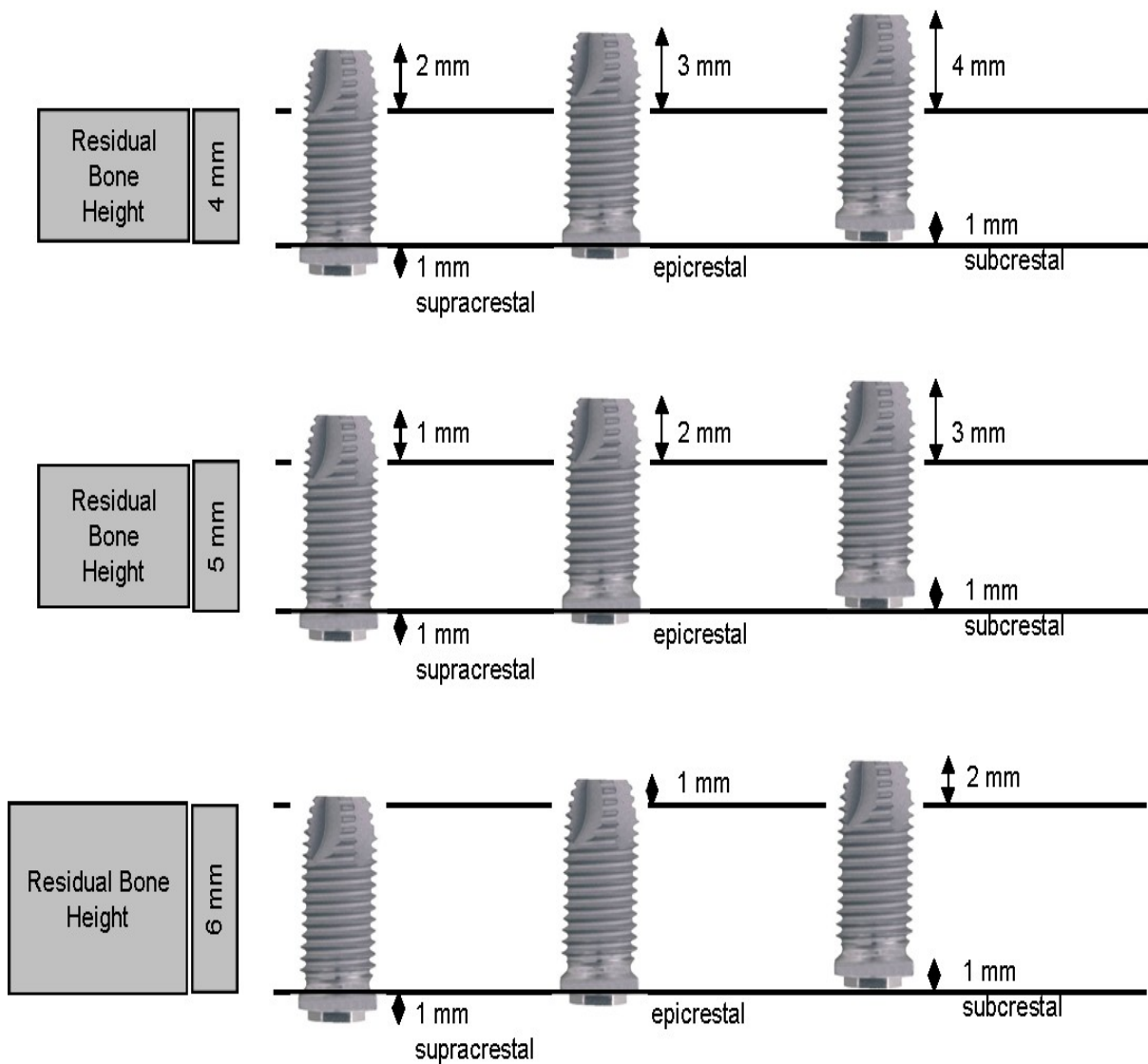
## 8 Implantate

Die Länge der in der Pilotstudie verwendeten NanoTite™ - Implantate betrug 7 mm, der Durchmesser 4 mm oder 5 mm. In Abhängigkeit von der Restknochenhöhe erfolgte die krestale Positionierung der Implantate wie in Abbildung 19 dargestellt.

Die kurzen NanoTite™ - Implantate weisen eine Außenhexverbindung auf und haben eine parallelwandige Form.



**Abbildung 18:** Parallelwandige Biomet 3i NanoTite™ - Implantat mit 4mm Durchmesser (Außenhexverbindung)

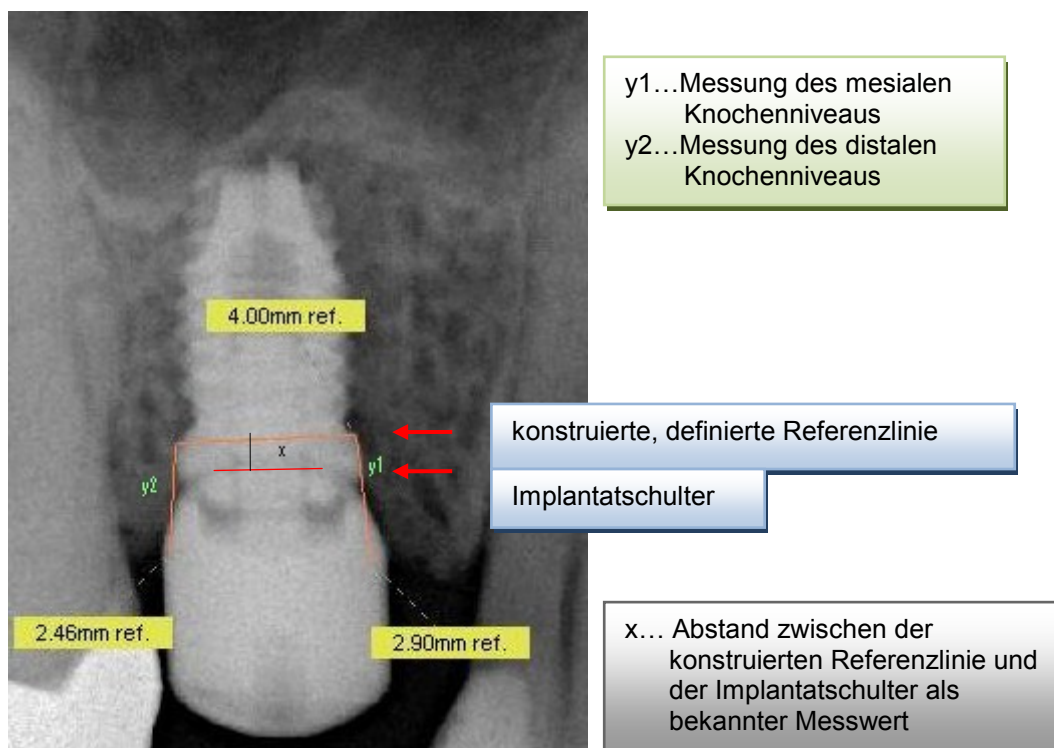


**Abbildung 19:** supra-, epi- und subcrestale Implantatpositionen bei veränderter Restknochenhöhe

## 9 Postoperativer Behandlungsverlauf

Ein wichtiger Teil dieser Pilotstudie waren die regelmäßigen postoperativen Kontrolluntersuchungen. Die Eröffnungsoperation erfolgte drei Monate postoperativ, die Abformung vier Monate postoperativ und die definitiven restaurativen Versorgungen wurden fünf Monate postoperativ eingegliedert.

Anhand der angefertigten Kleinbilder über die Zeit wurden jeweils die mesiale und distale Knochenresorption pro Implantat vermessen, wobei die Implantatschulter als Referenzlinie für alle Messungen dienen sollte. Da es jedoch aufgrund der Implantatgeometrie nicht möglich war, den exakten Verlauf der Implantatschulter radiologisch zu bestimmen, wurde eine bei allen Implantaten eindeutig sichtbare zweite Referenzlinie, von welcher die Knochenresorption vermessen wurde, definiert. Diese konstruierte Referenzlinie repräsentiert den basalen Anteil der Implantatschulter. Der genaue Verlauf dieser Referenzlinie wurde in der unten angeführten Abbildung 20 markiert. Zum erhobenen Messwert wurde die Höhe der Implantatschulter aufgerechnet. Bei den kurzen Implantaten, die einen Durchmesser von 4 mm aufwiesen, betrug der Wert 0,75 mm, bei denen, die einen Durchmesser von 5 mm hatten, war der aufzurechnende Wert 0,5 mm.



**Abbildung 20:** Vermessung des mesialen und distalen Knochenniveaus

## 9.1 Evaluierungskriterien

### 1. Marginale Knochenresorption:

Die marginale Knochenresorption stellte die Hauptzielgröße dieser Pilotstudie dar. Dieser gemessene Wert für die marginale Knochenresorption durfte nicht mehr als 1,5 mm innerhalb von zwei Jahren betragen. Dabei wurde die Länge zwischen marginalem Knochen und Implantat/Abutment – Schnittstelle jeweils mesial und distal jedes Implantates vermessen.

### 2. Implantatüberlebensrate:

Die Evaluierung der Implantatüberlebensrate kurzer Implantate über einen Zeitraum von 24 Monaten stellte neben der marginalen Knochenresorption die Nebenzielgröße dieser randomisierten Pilotstudie dar.

### 3. Implantaterfolgsrate (Nebenzielgröße):

Eine erfolgreiche Implantation lag vor, wenn keine röntgenologisch sichtbaren periapikalen Aufhellungen sichtbar waren, der Knochenverlust weniger als 10% der Implantatlänge betrug (weniger als 1,5 mm innerhalb von drei Jahren) und sich die Periotestwerte im Bereich zwischen -8 und +0,4 befanden. Weiters durften keine Schmerzen, keine Entzündungen, keine zerstörten benachbarten Zähne, keine Anästhesien beziehungsweise Parästhesien und keine Verletzungen der Kieferhöhle oder Nasenhöhle erkennbar sein.

### 4. Behandlungserfolg (Nebenzielgröße):

Der Behandlungserfolg setzte sich aus der Implantatüberlebensrate und der Implantaterfolgsrate zusammen. Mögliche funktionelle Einschränkungen des Zahnersatzes wurden bei jeder Kontrolluntersuchung dokumentiert. Weiters wurde der Behandlungszeitraum, in dem keine funktionellen Beeinträchtigungen des Zahnersatzes auftraten, genau erfasst.

## IV ERGEBNISSE

### 10 Messung der marginalen Knochenresorption

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erfolgte die radiologische Vermessung von insgesamt 22 kurzen Implantaten, die bei 11 PatientInnen implantiert wurden. Pro Implantat wurden jeweils ein mesialer und ein distaler Wert ermittelt. Ziel war es, die marginale Knochenresorptionen dieser Implantate über einen Beobachtungszeitraum von 24 Monaten zu vergleichen. Eine Auflistung aller einzelnen Messergebnisse ist der im Folgenden dargestellten Tabelle 09 zu entnehmen.

	<b>N</b>	<b>MINIMUM</b>	<b>MAXIMUM</b>	<b>MITTELWERT</b>	<b>STANDARD- ABWEICHUNG</b>
<b>mesial postop.</b>	22	-1,27	0	-0,07	0,27
<b>mesial 3 Mo.</b>	11	-1,36	0	-0,25	0,53
<b>mesial 5 Mo.</b>	10	-2,02	0	-0,69	0,78
<b>mesial 24 Mo.</b>	6	-1,13	0	-0,50	0,47
<b>distal postop.</b>	21	-0,16	0	-0,01	0,04
<b>distal 3 Mo.</b>	10	-0,57	0	-0,07	0,18
<b>distal 5 Mo.</b>	9	-1,55	0	-0,46	0,70
<b>distal 24 Mo.</b>	6	-1,63	0	-0,50	0,68

**Tabelle 09:** Statistische Auswertung der Knochenresorption über die Zeit

### Boxplot der mesialen Messergebnisse über die Zeit:

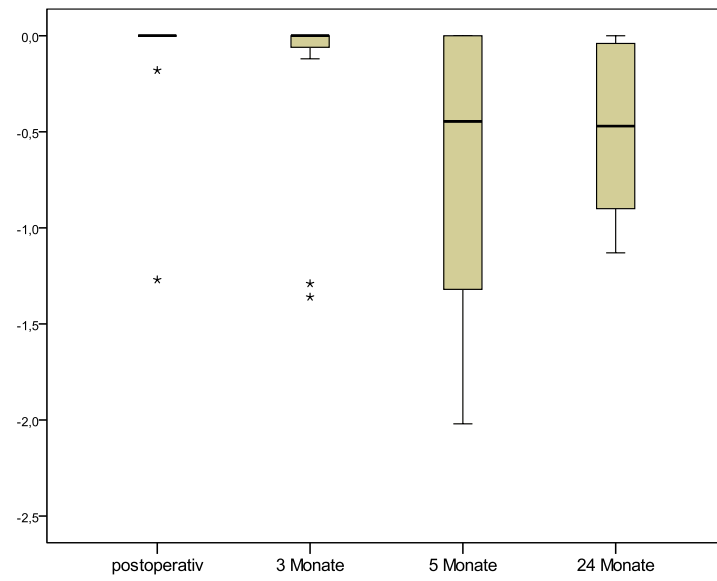


Abbildung 21

### Boxplot der distalen Messergebnisse über die Zeit:

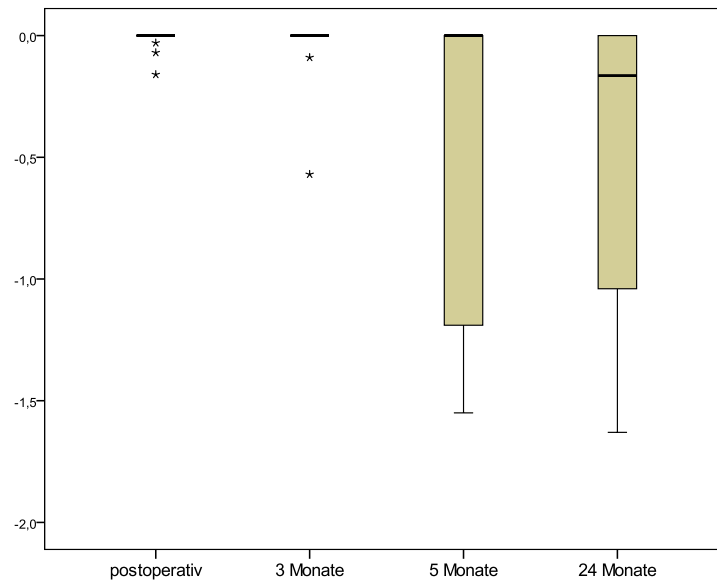


Abbildung 22

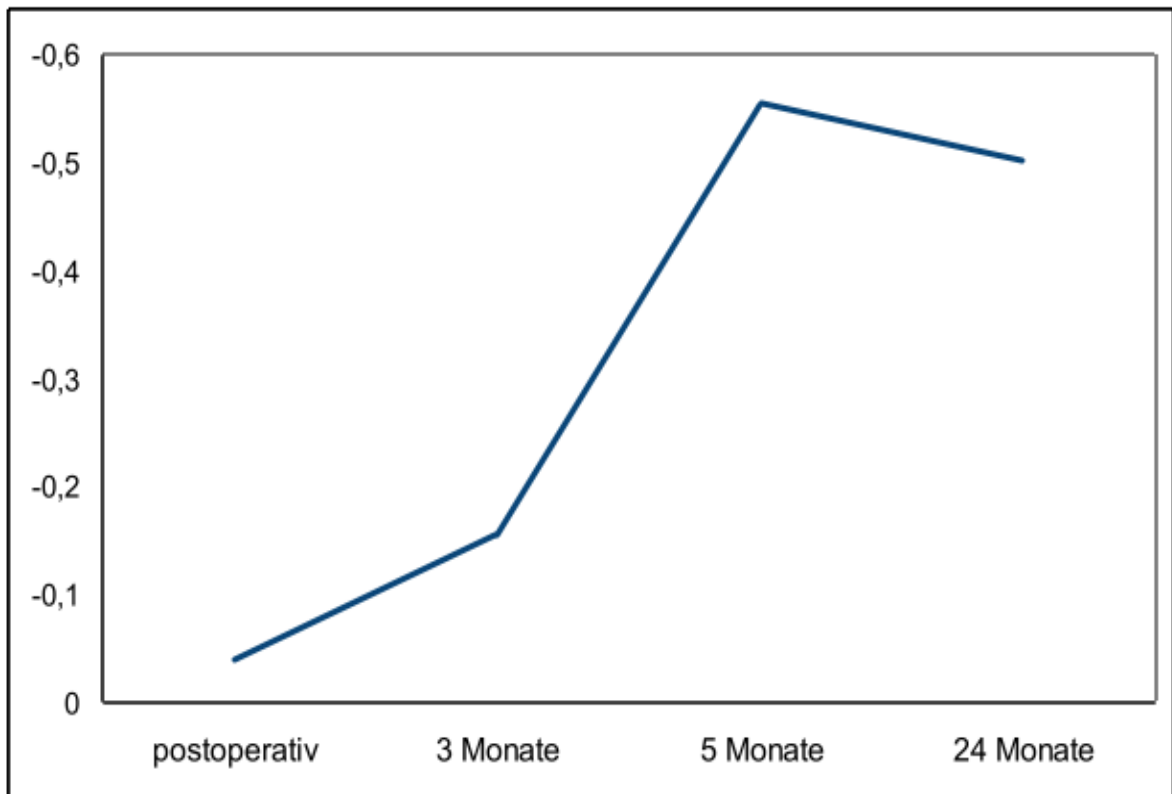
### **Deskriptive Statistik:**

Der mittlere Ausgangswert der Knochenhöhe gemessen von der Implantatschulter als Referenzpunkt am Tag der Implantation betrug mesial -0,07 mm und distal -0,01 mm. Die maximal gemessene Standardabweichung (SD) am Tag der Implantation ergab mesial - 0,27 mm und distal -0,04 mm. Der Zeitraum zwischen der ersten und zweiten Messung wurde für drei Monate festgelegt. Im Vergleich zur ersten Messung, ergab die zweite Messung eine mittlere mesiale Knochenresorption von -0,25 mm (Standardabweichung (SD): 0,53 mm) und eine mittlere distale Knochenresorption von -0,07 mm (Standardabweichung (SD): 0,18 mm). In weiterer Folge zeigte die Messung fünf Monate postoperativ eine durchschnittliche mesiale Knochenresorption von -0,69 mm (Standardabweichung (SD): 0,78 mm) und distale Knochenresorption von -0,46 mm (Standardabweichung (SD): 0,70mm). Bei allen Messungen fand eine statistisch signifikante Knochenresorption statt, wobei nach einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten sowohl die mesialen als auch die distalen Messungen eine mittlere Knochenresorption von -0,50 mm zeigten (Standardabweichung (SD) mesial: -0,47 mm; Standardabweichung (SD) distal: 0,68 mm). Insgesamt variierten die gemessenen Werte vom ersten postoperativen Tag bis zur Messung 24 Monate postoperativ in einem Bereich von minimal 0 mm bis maximal -1,63 mm. Ein Implantat ging im Beobachtungszeitraum verloren. Die nach 24 Monaten postoperativ erreichte Implantatüberlebensrate betrug 95%.

### **Statistische Analyse:**

Es wurde eine *einfaktorielle Varianzanalyse* gerechnet. Die Varianzanalyse (ANOVA = Analysis of variance) ist ein Hypothesen testendes Verfahren, das untersucht, ob sich die Mittelwerte zweier oder mehrerer Populationen signifikant voneinander unterscheiden. Bei der einfaktoriellen Varianzanalyse wird die Wirkung einer unabhängigen Variablen auf eine abhängige Variable untersucht. Die Varianzanalyse ist das wichtigste Analyseverfahren zur Auswertung von Experimenten (Backhaus et al. 2003, Bortz et al. 2005).

Bei der Berechnung der Knochenresorption ergab sich für mesial ein  $p = 0,012$  und für distal  $p = 0,009$ . Es veränderten sich die Werte über die 4 Zeitpunkte signifikant, sowohl für mesial als auch für distal.



**Abbildung 23:** Statistische Analyse der Knochenresorption über die Zeit

## **11 Ergebnisse der Schmerzskala und des Tablettenverbrauchs**

Es wurden die von den PatientenInnen am ersten, dritten und siebenten postoperativen Tag dokumentierten Schmerzskalen (1 bis 10 Punkte) ausgewertet. Die Vergabe eines Punktes durch den Patienten stand dabei für eine schmerzfreie Behandlung, die Vergabe von jeweils zehn Punkten stand für den stärksten anzunehmenden Schmerz. Die einzelnen Messergebnisse sind der im Folgenden dargestellten Tabelle 08 zu entnehmen. Es zeigte sich am ersten Tag postoperativ ein maximaler Wert von 4 Punkten, am dritten und siebenten Tag jeweils von 3 Punkten, was eine Abnahme der subjektiv empfundenen Schmerzen vom ersten bis zum siebenten Tag vermuten lässt. Das Minimum am ersten, dritten und auch siebenten postoperativen Tag betrug jeweils einen Punkt.

Die detaillierte Betrachtung der angeführten Punkte der Schmerzskala ergab eine durchschnittliche Schwellung am Tag 1 postoperativ von 3 Punkten, am Tag 3 postoperativ von 2,1 Punkten und am Tag 7 postoperativ von 1,3 Punkten.

Die Auswertung für das Auftreten möglicher Hämatombildung zeigte für den ersten Tag postoperativ einen durchschnittlichen Wert von 1,5 Punkten, für den dritten Tag postoperativ einen Mittelwert von 1,3 Punkten und für den siebenten Tag postoperativ von 1,1 Punkten.

Der Mittelwert für die eingeschränkte Mundöffnung am Tag 1 postoperativ betrug 1,5 Punkte, am Tag 3 postoperativ 1,2 Punkte und am Tag 7 postoperativ einen Punkt.

Bei der Beeinträchtigung beim Essen, Sprechen und Schlucken zeigten sich für den ersten Tag postoperativ Mittelwerte zwischen einem und 2,4 Punkten und für den dritten und siebenten Tag postoperativ jeweils durchschnittliche Werte zwischen einem und 1,5 Punkten.

Bei der Auswertung der Beeinträchtigung im sozialen Umgang ergab sich für den ersten und dritten Tag postoperativ jeweils ein Mittelwert von 1,2 Punkten und für den siebenten Tag postoperativ ein durchschnittlicher Wert von einem Punkt.

Die Standardabweichung der gemessenen Werte der Schmerzskala betrug am ersten Tag postoperativ ein Punkt und am dritten und siebenten Tag postoperativ jeweils 0,7 Punkte, wobei sich die von den PatientenInnen dokumentierten Werte am ersten Tag postoperativ in einem Bereich von einem bis 4 Punkte und am dritten und siebenten postoperativen Tag zwischen einem und 3 Punkten bewegten.

Der minimale Tablettenverbrauch der PatientInnen innerhalb der ersten Woche postoperativ betrug 0 Tabletten, der maximale 19 Tabletten, was einen durchschnittlichen Tablettenverbrauch vom ersten bis zum siebenten postoperativen Tag von 6,2 Tabletten mit einer Standardabweichung (SD) von 5,7 Tabletten ergab.

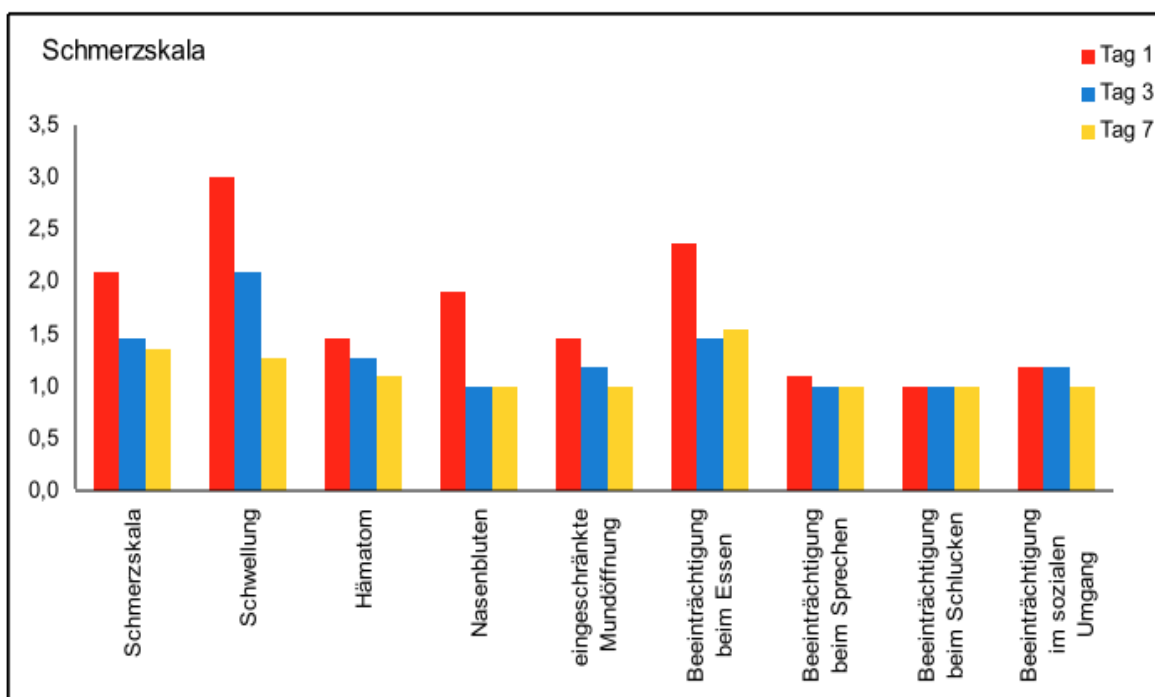


Abbildung 24

	TAG 1				TAG 3				TAG 7			
	min	max	MW	SD	min	max	MW	SD	Min	Max	MW	SD
<b>Schmerzskala:</b>	1	4	2,1	1,0	1	3	1,5	0,7	1	3	1,4	0,7
<b>Schwellung:</b>	2	5	3,0	1,0	4	4	2,1	1,0	1	2	1,3	0,5
<b>Hämatom:</b>	1	3	1,5	0,8	1	3	1,3	0,6	1	2	1,1	0,3
<b>Nasenbluten:</b>	2	2	2,0	0,3	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0
<b>Eingeschränkte Mundöffnung:</b>	1	3	1,5	0,7	1	2	1,2	0,4	1	1	1,0	0,0
<b>Beeinträchtigung beim Essen:</b>	1	8	2,4	2,0	1	4	1,5	0,9	3	3	1,5	0,8
<b>Beeinträchtigung beim Sprechen:</b>	1	2	1,1	0,3	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0
<b>Beeinträchtigung beim Schlucken:</b>	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0	1	1	1,0	0,0
<b>Beeinträchtigung im sozialen Umgang:</b>	1	3	1,2	0,6	1	3	1,2	0,6	1	1	1,0	0,0

**Tabelle 10: Auswertung Schmerzskala**

	MIN	MAX	MW	SD
<b>Tablettenverbrauch</b>	0	19	6,2	5,7

**Tabelle 11: Auswertung Tablettenverbrauch**

## V DISKUSSION

### 12 Kurze Implantate versus Sinus Augmentation und Standardlängenimplantate

In der in dieser Diplomarbeit analysierten, prospektiven Pilotstudie wurde die marginale Knochenresorption nach Implantation mit kurzen Implantaten über einen Zeitraum von 24 Monaten untersucht. In der Literatur werden oberflächenoptimierte, kurze Implantate zur Versorgung der zahnlosen posterioren Maxilla als adäquate Behandlungsalternative zur Sinus Augmentation und Standardlängenimplantaten diskutiert. Die zahnärztlich - chirurgische Behandlung mit kurzen Implantaten ermöglicht es, das Risiko für Komplikationen, die Behandlungsdauer, sowie die subjektiv empfundenen, postoperativen Beschwerden für die PatientenInnen deutlich zu minimieren (Nevis et al. 1999, Goene´ et al. 2005, Toffler et al. 2006, Esposito et al. 2011).

In der Veröffentlichung von **Felice** et al. aus dem Jahre 2009 wurden insgesamt 30 PatientenInnen mit partiell zahnlosem Kiefer jeweils einer von zwei Gruppen zugeteilt und implantologisch versorgt. Dabei wurden kurze Implantate mit konventionellen Implantaten und Sinus Augmentation mit Bio-Oss<sup>®</sup> verglichen. Bezugnehmend auf die erreichten Erfolgsraten konnte kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden. Die Befragung der PatientenInnen ergab keine Tendenz zu einer der beiden Behandlungsmöglichkeiten. Ein Vorteil in der Behandlung mit kurzen Implantaten besteht auch darin, dass aufgrund der Implantatlänge (< 10mm) häufig die vorhandene Restknochenhöhe in der posterioren Maxilla für eine suffiziente Implantation ausreicht, sodass auf eine Sinus Augmentation verzichtet werden kann (Anitua et al. 2008).

## 12.1 Erfolgsraten kurzer Implantate

Die in dieser Pilotstudie beschriebene Erfolgsrate von 95% kann mit aktuellen Literaturstudien verglichen werden. Auch in der Studie von **Maló** et al. (2011) über kurze Implantate wurde eine kumulative Erfolgsrate von 95% aufgezeigt.

**Gant** et al. (2009) gingen in ihrer retrospektiven Studie speziell auf diese Thematik der Versorgung mit kurzen Implantaten im Unterkieferseitenzahnbereich ein. Dabei wurden insgesamt 335 Implantate inseriert. Die in dieser Studie erreichte kumulative Erfolgsrate von 99% spricht für die Tatsache, dass kurze Implantate eine vorhersagbare Behandlungsalternative bei PatientenInnen mit reduziertem Knochenangebot im Unterkiefer bieten.

Im Gegensatz zur oben angeführten Studie von Gant et al. (2009), in der die Behandlung der zahnlosen Mandibula beschrieben wurde, wurde in der Literatursammlung von **Morand** et al. (2007) anhand mehrerer Studien näher auf die Rehabilitation der atrophierten posterioren Maxilla mit kurzen Implantaten eingegangen. Die Autoren schlussfolgerten, dass kurze Implantate, die in der posterioren Maxilla inseriert wurden, ähnlich hohe Erfolgsraten wie Standardlängenimplantate zeigten.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch in der Studie von **Maló** et al. (2007) erzielt. Dabei wurden 408 kurze Bränemark Implantate mit einer Länge von 7 und 8,5 mm inseriert. Nach den ersten fünf Jahren wurde bei der Behandlung mit kurzen Implantaten eine kumulative Implantaterfolgsrate von 96,2% erreicht. Die durchschnittliche marginale Knochenresorption betrug bei den kurzen Implantaten 1 mm (Standardabweichung (SD): 0,6 mm). Bei der Behandlung mit Standardlängenimplantaten zeigte sich eine kumulative Implantaterfolgsrate von 97,1% und eine durchschnittliche marginale Knochenresorption von 1,3 mm (Standardabweichung (SD): 0,8 mm).

**Striezel** et al (2007) kamen in ihrer retrospektiven Studie zu dem Ergebnis, dass die Erfolgsraten, die durch Implantate mit Standardlänge (Länge: 13 - 16 mm) erzielt werden, auch mit kurzen Implantaten (Länge: 9 - 11 mm) erreicht werden können. Als Kontraindikation wurde in dieser Studie Tabakkonsum angegeben. Nach einem 33-monatigen Beobachtungszeitraum erreichte man eine Überlebensrate von 98,3%.

**Arlin** et al. (2006) verglichen in ihrer Studie die Erfolgsraten von kurzen Implantaten und Implantaten mit Standardlänge in jeweils teilbezahnten, beziehungsweise zahnlosen Ober- und Unterkiefen. Dabei erzielten sie bei der Insertion von 630 Straumann Implantaten (Länge: 6, 8, 10 und 16 mm) nach einer Beobachtungszeit von zwei Jahren Erfolgsraten von 94.3% (für 6 mm Implantate), 99.3% (für 8 mm Implantate) und 97.4% (für 10 – 16 mm Implantate). Eine Auskunft über die detaillierte Aufteilung der Implantatüberlebensraten nach Lokalisation (Maxilla versus Mandibula) war nicht in der Arbeit enthalten. Die Autoren kamen in ihrer Studie zu der Schlussfolgerung, dass kurze Implantate bei stark atrophierten Kiefen sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer eine adäquate Behandlungsalternative mit ähnlich hohen Erfolgsraten bieten können wie Standardlängenimplantate. Bei vorhandener Knochenresorption können kurze Implantate das Risiko für Verletzungen des Nervus alveolaris inferior beziehungsweise Perforationen der Kieferhöhle minimieren.

**Romeo** et al. (2006) untersuchten insgesamt 129 PatientInnen, die entweder mit kurzen Implantaten (Länge: 8 mm) oder mit konventionellen Implantaten mit einer Länge von 10 mm versorgt wurden. Aus der Gruppe der kurzen Implantate errechnete sich eine kumulative Überlebensrate von 97,7%. Die Gruppe der Standardlängenimplantate erreichte eine kumulative Implantatüberlebensrate von 97,1%.

**Misch** et al. (2006) zeigten in ihrer Studie, bei der insgesamt 745 kurze Implantate im Ober- und Unterkiefer untersucht wurden, eine Erfolgsrate von 98,9% auf.

In dieser Studie wurden sowohl die Vorteile kurzer Implantate, wie eine verringerte Behandlungsdauer, geringere Behandlungskosten und ein geringeres Risiko für Komplikationen, als auch deren Nachteile, wie die Kronen- Implantat- Längenverhältnisse, aufgezeigt.

**Gentile** et al. (2005) verglichen in ihrer Studie Bicon<sup>®</sup> 6 x 5,7mm Implantate mit Implantaten anderer Hersteller (non- 6 x 5,7 mm Implantate).

43,6% der Implantate wurden im Seitenzahnbereich des Unterkiefers, 34,3% im Seitenzahnbereich des Oberkiefers und 17,4% im Frontzahnbereich des Oberkiefers inseriert. 45 der insgesamt 172 Implantate waren Bicon<sup>®</sup> 6 x 5,7mm Implantate, 127 waren non- 6 x 5,7 mm Implantate. Nach einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr zeigten Bicon<sup>®</sup> 6 x 5,7mm Implantate ähnlich hohe Erfolgsraten (92,2%) wie non- 6 x 5,7 mm Implantate (95,2%). Diese Tatsache lässt die Schlussfolgerung zu, dass kurze Bicon<sup>®</sup> Implantate mit einem großen Durchmesser bei PatientInnen mit limitiertem Alveolarknochen eine adäquate Therapiemöglichkeit darstellen können.

Aus der multizentrischen Studie von **Goene**´ et al. aus dem Jahre 2005 ging hervor, dass insgesamt 311 kurze Osseotite<sup>®</sup> Implantate im Ober- und Unterkiefer inseriert wurden, wovon sich 95,2% im Seitenzahnbereich befanden. Der Großteil der Implantate wurde im Unterkiefer eingebracht. In einem 3-jährigen Follow- up wurden 13 Implantate als Misserfolg verzeichnet, von diesen sich zehn Implantate im Unterkiefer befanden. Diese Studie zeigte bei der Behandlung mit kurzen Implantaten im Ober- und Unterkiefer eine kumulative Erfolgsrate von 95,8% auf.

Auch **Renouard** et al. (1999) erzielten bei der Untersuchung kurzer Implantate mit einem Durchmesser von 5 mm im Ober- und Unterkiefer eine kumulative Erfolgsrate von 91,8%. In einer weiteren Studie über kurze Implantate (Länge: 6 - 8,5 mm), die im Oberkiefer inseriert wurden, erreichten **Renouard** et al. (2005) eine kumulative Überlebensrate von 94,6%. Weiters untersuchten **Renouard** et al. (2006) den Zusammenhang zwischen Implantatüberlebensrate, Implantatlänge und Implantatdurchmesser.

Insgesamt wurden 53 Studien im Zeitraum von 1990 bis 2005 über diese Thematik ausgewertet. Die Autoren stellten in diesen Studien fest, dass die Erfolgsraten kurzer Implantate mit einem großen Durchmesser bei richtiger Indikationsstellung und ausreichenden chirurgischen Fähigkeiten des Operateurs mit denen von Standardlängenimplantaten verglichen werden können.

## 12.2 Oberflächenbeschaffenheit kurzer Implantate

Aufgrund der optimierten Oberfläche von kurzen Implantaten können diese als vergleichbare Therapieoption zur Implantation mit Standardlängenimplantaten und Sinus Augmentation diskutiert werden (Hagi et al. 2004, Esposito et al. 2008, Fugazotto et al. 2008, Cannizzaro et al. 2009).

In der Studie von **Feldman** et al. aus dem Jahre 2004 wurden die Überlebensraten von kurzen Implantaten, Standardlängenimplantaten mit zweifach geätzter Oberfläche und Implantaten mit maschinell bearbeiteter Oberfläche untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie beruhen auf der Erkenntnis, dass kurze Implantate mit einem großen Durchmesser und einer mit Hydroxylapatit beschichteten Oberfläche eine adäquate Behandlungsalternative bei stark vermindertem Knochenangebot in den hinteren Regionen des Kiefers darstellen können.

Die in der klinischen Pilotstudie verwendeten Biomet 3i NanoTite™ - Implantate zeigen eine Oberfläche mit Einzelkristallauflagerung von Kalziumphosphat - Nanopartikel, wodurch die Implantatoberfläche durch die Verzahnung der Zementlinienmatrix des neu gebildeten Knochens mit der Implantatoberfläche zur *Bone – Bonding - Oberfläche* wird (Mendes et al. 2007). Durch diese speziell entwickelte Oberflächenbearbeitung kann die Geschwindigkeit der Osseointegration deutlich gesteigert und dadurch die Implantatstabilität erheblich verbessert werden (Stach et al. 2003, Suttin et al. 2006).

## 12.3 Sinus Augmentation und Implantate mit Standardlänge

**Cannizzaro** et al. (2009) untersuchten in ihrer Studie die Sofortbelastung von 10 – 16 mm langen Implantaten in Kombination mit einer Sinusbodenelevation (50% Bio-Oss® und 50% autogener Knochen) und zum Vergleich auch die Sofortbelastung von kurzen Implantaten mit einer Länge von 8 mm. Dabei zeigte sich, dass bei einem atrophen Oberkiefer mit einer krestalen Restknochenhöhe von 3 bis 6 mm, kurze Implantate eine durchaus adäquate Behandlungsalternative zu konventionellen Implantaten und Sinus Augmentation bieten können.

Auch **Degidi** et al. (2007) griffen in ihrer retrospektiven Studie speziell die Thematik der Sofortbelastung von kurzen Implantaten auf. Anhand dieser Studie wurde bei Implantaten mit einer Länge unter 10 mm eine Erfolgsrate von 97,7% erzielt.

In der Studie von **Cordaro** et al. (2008) wurde im Hinblick auf die Sinus Augmentation Bio-Oss® mit Straumann Bone Ceramic® verglichen. Insgesamt wurden 48 Sinus Augmentationen durchgeführt. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass sowohl Straumann Bone Ceramic® als auch Bio-Oss® ein geeignetes Knochenersatzmaterial für die Sinus Augmentation bieten, und beide Materialien eine Knochenneubildung begünstigen können. Auch **Mardas** et al. (2011) führten eine ähnliche Untersuchung durch. In einer Testgruppe wurden 14 PatientenInnen mit Straumann Bone Ceramic® und einer nichtresorbierbaren Membran (Bio-Gide®) versorgt. In der Kontrollgruppe wurden 13 PatientenInnen mit Bio-Oss® und Bio-Gide® behandelt. Das zusätzliche Verwenden einer nichtresorbierbaren Membran (z.B. Bio-Gide®) ermöglichte es, in Kombination mit Bio-Oss® Materialien, mehr Knochen um das Implantat zu regenerieren (**Kim** et al. 2008). Hinsichtlich der Qualität der Knochenregeneration zeigten Straumann Boneceramic® (biphasische Kalziumphosphate) sowie Poly/Nano- Hydroxylapatitkomposite vergleichbare Erfolge wie deproteinierter Rinderknochen (Cordaro et al. 2008, Kim et al. 2008, Mardas et al. 2011).

**Valentini** et al. (1998) untersuchten im Rahmen einer histologischen Studie den Kontakt zwischen neu gebildetem Knochen und der Implantatoberfläche, sowie zwischen Bio-Oss<sup>®</sup> Partikeln und dem Implantat.

Obwohl ein inniger Kontakt zwischen dem neu gebildeten Knochen und dem Implantat sichtbar war, konnte kein Kontakt zwischen Bio-Oss<sup>®</sup> Partikeln und dem Implantat festgestellt werden.

Neben Bio-Oss<sup>®</sup> kann auch Endobon<sup>®</sup>, worunter man eine osteokonduktive Hydroxylapatitkeramik versteht, als Knochenersatzmaterial bei einer Sinus Augmentation verwendet werden. In der randomisierten Studie von **Spies** et al. (2010) wurde speziell die hervorragende Osseokonduktivität von Endobon<sup>®</sup> beschrieben.

**Ramírez-Fernández** et al. (2011) verglichen in ihrer Untersuchung Endobon<sup>®</sup>, das aus Rinderknochen gewonnen wird, mit dem aus Schweineknöchel erzeugtem Knochenersatzmaterial OsteoBiol<sup>®</sup>. Sowohl Endobon<sup>®</sup> als auch OsteoBiol<sup>®</sup> zeigten eine gute Biokompatibilität und Osseokonduktivität, wobei die aus Schweineknöchel gewonnenen Knochenersatzmaterialien mehr Resorptionen aufwiesen als Endobon<sup>®</sup>.

In der Pilotstudie von **Galindo-Moreno** et al. (2008) wurde bei insgesamt fünf PatientInnen, die eine beidseitige Sinus Augmentation benötigten, Endobon<sup>®</sup> in Kombination mit kortikalem Knochen in den jeweils rechten Sinus eingebracht. Die linken Sinus wurden mit BioGlass<sup>™</sup> augmentiert. Das Ergebnis dieser Studie zeigte, dass die Verwendung von Endobon<sup>®</sup> in Kombination mit autogenem Knochen eine geringere Knochenresorptionsrate als BioGlass<sup>™</sup> aufwies.

In einer Literaturreview von **Browaeys** et al. (2007) wurden unterschiedliche für die Sinus Augmentation geeignete Biomaterialien analysiert. Dabei kam es bei der alleinigen Verwendung von autogenem Knochenersatzmaterial durchschnittlich zu einer 40%igen Resorptionsrate. Wurde autogener Knochen jedoch mit anderen Biomaterialien, wie beispielsweise bovinem Knochen oder porösem Hydroxylapatit, kombiniert, konnte eine Erhöhung des Knochniveaus beobachtet werden.

Des Weiteren wurde die Sinus Augmentation mit xenogenen Knochenersatzmaterialien diskutiert. Bei der Augmentation mit poröser Hydroxylapatitkeramik (pHA) und autogenem Knochen zeigten sich die pHA Granulate in den neu gebildeten Knochen integriert. Die kombinierte Behandlung beider Knochenersatzmaterialien führte zu einer stabilen Implantateinheilung der inserierten Implantate. Weitere Nachforschungen zu dieser Thematik unternahm **Haas** et al. (1998a). In ihrer Studie wurde an insgesamt 27 Schafen eine Sinus Augmentation vorgenommen, wobei immer ein Sinus leer gelassen wurde. Der kontralaterale Sinus wurde entweder mit bovinem Hydroxylapatit oder mit spongiösem Knochen ausgefüllt. Hydroxylapatitpartikel, die direkt dem ortständigen Knochen angelagert waren, wurden in unterschiedlichem Ausmaß von Knochen umwachsen. Nach erfolgter Implantation zeigten sowohl die Testgruppe als auch die Kontrollgruppe einen prozentuellen Anstieg des Knochen – Implantat – Kontaktes. Dabei war nach Sinus Augmentation mit autogenem, spongiösem Knochen ein signifikant höherer Knochen – Implantat - Kontakt sichtbar als bei bovinem Hydroxylapatit oder bei leerer Kieferhöhle. In einer weiteren Untersuchung unterzogen **Haas** et al. (1998b) die insgesamt 54 inserierten Implantate einem „pull-out Test“. Dieser sollte Aufschluss über die Zugfestigkeit eines Implantates geben. Jene Implantate, die in mit Hydroxylapatit augmentierten Knochen inseriert wurden, zeigten in dieser Studie die höchste Zugfestigkeit. Mit zunehmender Verweildauer stieg die Zugfestigkeit noch weiter an, was sich durch die physiologische Knochenheilung und Implantateinheilung erklären lässt.

**Artzi** et al. (2011) verglichen bovines, deproteiniertes Hydroxylapatit (B-HA) mit nichtkeramischem Hydroxylapatit (NC-HA). Nach einem 12-monatigen Follow - up zeigte das Hydroxylapatitmineral (B-HA) mehr neu gebildeten Knochen als das nichtkeramische Knochenersatzmaterial (NC-HA).

In der Studie von **Hürzeler** et al. (1997) wurde klinisch und histologisch die Knochenneubildung nach Sinus Augmentation mit autogenem Knochen und poröser Hydroxylapatitkeramik untersucht. Dabei wurde in die Kieferhöhlen eine Kombination aus autogenem Knochen und porösem Hydroxylapatit im Verhältnis 3:1 eingebracht.

Histologisch konnte die Bildung neuen Knochens und die Integration der porösen Hydroxylapatit Partikel in diesen festgestellt werden. Die Ergebnisse dieser Studie sprechen für die Tatsache, die auch schon in der Studie von Haas et al. (1998a) untermauert wurde, dass eine kombinierte Augmentation mit autogenem Knochen und porösem Hydroxylapatit sowohl die Bildung neuen Knochens als auch die Osseointegration der inserierten Implantate fördern kann.

## **VI KONKLUSION**

Die Zwischenergebnisse dieser klinischen Pilotstudie zeigen, dass kurze Implantate mit einer 95%igen Erfolgsrate eine adäquate Behandlungsalternative zur Sinus Augmentation und konventionellen Implantaten darstellen, da sie das peri- und postoperative Komplikationsrisiko, die Behandlungsdauer und den Kostenaufwand für die PatientenInnen reduzieren.

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

<b>Abbildung 01:</b> Anatomische Ausdehnung des Sinus maxillaris: Liebgott Bernard, The anatomical base of dentistry, Third Edition, MOSBY Elsevier Verlag, 2011 .....	<b>14</b>
<b>Abbildung 02:</b> Nervale Versorgung der Maxilla: Liebgott Bernard, The anatomical base of dentistry, Third Edition, MOSBY Elsevier Verlag, 2011.....	<b>15</b>
<b>Abbildung 03:</b> Knochenersatzmaterial Bio-Oss® der Firma Geistlich, Internet: <a href="http://www.geistlich.de">http://www.geistlich.de</a> .....	<b>35</b>
<b>Abbildung 04:</b> Geistlich Bio-Gide®. Internet: <a href="http://www.geistlich.de">http://www.geistlich.de</a> .....	<b>35</b>
<b>Abbildung 05:</b> Knochenersatzmaterial Endobon®. Internet: <a href="http://www.biomet.de">http://www.biomet.de</a> .....	<b>37</b>
<b>Abbildung 06:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>41</b>
<b>Abbildung 07:</b> Behandlungsverlauf der klinischen Pilotstudie.....	<b>42</b>
<b>Abbildung 08:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni.....	<b>45</b>

<b>Abbildung 09:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>46</b>
<b>Abbildung 10:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>46</b>
<b>Abbildung 11:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni.....	<b>47</b>
<b>Abbildung 12:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>47</b>
<b>Abbildung 13:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>48</b>
<b>Abbildung 14:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>48</b>
<b>Abbildung 15:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>48</b>
<b>Abbildung 16:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>49</b>
<b>Abbildung 17:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni .....	<b>49</b>
<b>Abbildung 18:</b> BIOMET 3i - Online Smart Catalog. Internet: http://cataloggm.biomet3i.com.....	<b>53</b>
<b>Abbildung 19:</b> Perioperative Aufnahme Prof. Lorenzoni.....	<b>54</b>

<b>Abbildung 20:</b> Postoperative Vermessung der Knochenresorption anhand der angefertigten Kleinbilder.....	<b>55</b>
<b>Abbildung 21:</b> Boxplot der mesialen Messergebnisse über die Zeit.....	<b>58</b>
<b>Abbildung 22:</b> Boxplot der distalen Messergebnisse über die Zeit.....	<b>58</b>
<b>Abbildung 23:</b> Statistische Auswertung der gemessenen Knochenresorption über die Zeit.....	<b>60</b>
<b>Abbildung 24:</b> Statistische Auswertung der Schmerzskala.....	<b>62</b>

# TABELLENVERZEICHNIS

**Tabelle 01:** Das Klassifikationsschema der Knochenqualität nach LEKHOLM & ZARB(1985).Spiekermann Hubertus / Donath Karl / Jovanovic Sascha / Richter Ernst J, Farbatlant der Zahnmedizin Band 10, Implantologie. Thieme- Verlag Stuttgart,1994.....**17**

**Tabelle 02:** Einteilung der Knochenqualitäten wurde von MISCH (1990). Spiekermann Hubertus / Donath Karl / Jovanovic Sascha / RichterErnst J, Farbatlant der Zahnmedizin Band 10, Implantologie. Thieme- Verlag, Stuttgart, 1994 .....**18**

**Tabelle 03:** Fünf verschiedene Atrophiegrade werden fünf für den zahnlosen Oberkiefer und Unterkiefer nach LEKHOLM & ZARB. Spiekermann Hubertus / Donath Karl Jovanovic Sascha / RichterErnst J, Farbatlant der Zahnmedizin Band 10, Implantologie. Thieme- Verlag Stuttgart, 1994.....**19**

**Tabelle 04:** Sechs Grade der Alveolarfortsatzatrophie nach CAWOOD und HOWELL (1988). N, Ehrenfeld M, Zahnärztliche Chirurgie, Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung, Zahn- Mund- Kieferheilkunde Band 3, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 2000.....**20**

**Tabelle 05:** Unterteilung zahnärztlicher Implantate in unterschiedliche Kompartibilitätsgruppe. Osborn JF, Kovacs E, Kallenberger A. Hydroxylapatit ceramics-development of a new biomaterial and 1st animal experimental results. Dtch Zahnarztl Z. 1980 Jan; 35(1):54-56; Sykaras N, Iacopino AM, Marker VA, Tipllett RG, Woody RD. Implant materials, design and surface topographics: their effect on osseointegration. A literature review. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000 Sept-Oct;15(5):675-690.....**24**

<b>Tabelle 06:</b> Verschiedenen in der Implantologie verwendeten Knochenersatzmaterialien. Rateitschak K.H., Edith M., Wolf Herbert F., Parodontologie, Farbatlant der Zahnmedizin 1. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, S. 323 – 354.....	<b>34</b>
<b>Tabelle 07:</b> Gingiva – Index, Rateitschak K.H., Edith M., Wolf Herbert F., Parodontologie, Farbatlant der Zahnmedizin 1. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, S.67ff.....	<b>50</b>
<b>Tabelle 08:</b> Plaque – Index, Rateitschak K.H., Edith M., Wolf Herbert F., Parodontologie, Farbatlant der Zahnmedizin 1. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, S.67ff.....	<b>50</b>
<b>Tabelle 09:</b> Statistische Auswertung der Knochenresorption über die Zeit .....	<b>57</b>
<b>Tabelle 10:</b> Statistische Auswertung der von den Patienten dokumentierte Schmerzskala am ersten, dritten und siebenten postoperativen Tag.....	<b>63</b>
<b>Tabelle 11:</b> Statistische Auswertung des von den Patienten angegebenen Tabakkonsums während der ersten postoperativen Woche.....	<b>63</b>

## LITERATURVERZEICHNIS

**Albrektsson T.**, Microangiographic representation of the microvascular system in bone tissue: a vital microscopic evaluation in the rabbit. Clin Orthop Relat Res. 1981 Sep;(159):286-93.

**Amerio P.**, Vianale G., Reale M., Muraro R., Tulli A., Piattelli A. The effect of deproteinized bovine bone of osteoblast growth factors and proinflammatory cytokine production. Clin Oral Implants Res. 2010 Jun;21(6):650-5.

**Anitua E.**, Orive G., Aguirre JJ., Andía I., Five-year clinical evaluation of short dental implants placed in posterior areas: a retrospective study. J Periodontol. 2008 Jan; 79(1):42-8.

**Aparicio C.**, Perales P., Rangert B., Tilted implants as an alternative to maxillary sinus grafting: a clinical, radiologic, and periotest study. Clin Implant Dent Relat Res. 2001;3(1):39-49.

**Arlin ML.**, Short dental implants as a treatment option: results from an observational study in a single private practice. Int J Oral Maxillofac Implants. 2006 Sep-Oct;21(5):769-76.

**Artzi Z.**, Nemcovsky CE., Tal H., Dayan D. Histopathological morphometric evaluation of 2 different hydroxyapatite-bone derivatives in sinus augmentation procedures: a comparative study in humans. J Periodontol. 2001 Jul;72(7):911-20.

**Backhaus K.**, Erichson B., Pline W., Weiber R. Multivariate Analysemethoden. 2003 Berlin: Springer Verlag.

**Bahat O.**, Brånemark system implants in the posterior maxilla: clinical study of 660 implants followed for 5 to 12 years. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000 Sep-Oct;15(5):646-53.

**Bahat O.**, Treatment planning and placement of implants in the posterior maxillae: report of 732 consecutive Nobelpharma implants. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1993;8(2):151-61.

**Baqain ZH.**, Anabtawi M., Karaky A., Malkawi Z., Morbidity from anterior iliac crest bone harvesting for secondary alveolar bone grafting: an outcome assessment study, *J Oral Maxillofac Surg* 67. 2009, pp. 570–5.

**Baumann A.**, Ewers R., Minimally invasive sinus lift. Limits and possibilities in the atrophic maxilla, *Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Wien.* 1999 May;3 Suppl 1:S70-3.

**Beer A.**, Gahleitner A., Holm A., Birkfellner W., Homolka P. Adapted preparation technique for screw-type implants: explorative in vitro pilot study in a porcine bone model. *Clin Oral Implants Res.* 2007 Feb;18(1):103-7.

**Bortz J.** Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 2005 6. Aufl. Heidelberg: Springer Verlag.

**Brånemark P.**, Breine U., Adell R., Hansson B., Lindstrom H., Ohlsson A. Intraosseous anchorage of dental protheses. *Scan J Plast Reconstr Surg* 1969 3:81-83.

**Brånemark PI.**, Hansson BO., Adell R., Breine U., Lindström J., Hallén O., Ohman A. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl.* 1977;16:1-132.

**Briem D.**, Linhart W., Lehmann W., Meenen NM., Rueger JM. Langzeitergebnisse nach Anwendung einer porösen Hydroxylapatitkeramik (Endobon) zur operativen Versorgung von Tibiakopffrakturen. *Der Unfallchirurg* Volume 105, Number 2, 128-133.

**Browaeys** H., Bouvry P., De Bruyn H. A Literature Review on Biomaterials Augmentation Procedures. Clin Implant Dent Relat Res. 2007 Sep;9(3):166-77.

**Bruggenkate** CM., Asikainen P., Foitzik C., Krekeler G., Sutter F. Short (6-mm) nonsubmerged dental implants: results of a Multicenter clinical trial of 1 to 7 years. Int J Oral Maxillofac Implants. 1998 Nov-Dec;13(6):791-798.

**Cacaci** C., Neugebauer J., Schlegel A., Seide F. Orale Implantologie, Checklisten der Zahnmedizin, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2006.

**Cannizzaro** G., Leone M., Viola P., Esposito M. Early loading of implants in the atrophic posterior maxilla: lateral sinus lift with autogenous bone and Bio-Oss versus crestal mini sinus lift and 8-mm hydroxyapatite-coated implants. A randomised controlled clinical trial. Eur J Oral Implantol. 2009 Spring;2(1):25-38.

**Chen** TW., Chang HS, Leung KW., Lai YL., Kao SY. Implant placement immediately after the lateral approach of the trap door window procedure to create maxillary sinus lift without bone grafting: a 2- year retrospective evaluation of 47 implants in 33 patients. J Oral Maxillofac Surg. 2007 Nov;65(11)

**Cho-Lee** GY., Naval-Gias L., Castrejon-Castrejon S., Capote-Moreno AL., Gonzalez G., Sastre-Perez J., Munoz-Guerra MF. A 12-year retrospective analytic study of the implant survival rate in 177 consecutive maxillary sinus augmentation procedures. Int J Oral Maxillofac Implants. 2010 Sep-Oct;25(5):1019-2.

**Cochran** DL, Buser D, ten Bruggenkate CM, Weingart D, Taylor TM, Bernard JP, Peters F, Simpson JP. The use of reduced healing times on ITI implants with a sandblasted and acid-etched (SLA) surface: early results from clinical trials on ITI SLA implants. Clin Oral Implants Res. 2002 Apr;13(2):144-53.

**Cordaro** L., Bosshardt DD., Palatella P., Rao W., Serino G., Chiapasco M. Maxillary sinus grafting with Bio-Oss or Straumann Bone Ceramic:

histomorphometric results from a randomized controlled multicenter clinical trial. Clin Oral Implants Res. 2008 Aug;19(8):796-803.

**Corrente** G., Abundo R., des Ambrois AB., Savio L., Perelli M. Short porous implants in the posterior maxilla: a 3-year report of a prospective study. Int J Periodontics Restorative Dent. 2009 Feb;29(1):23-9.

**Crespi** R., Vinci R., Cappare` P., Gherlone E., Romanos GE. Calvarial versus iliac crest for autogenous bone graft material for a sinus lift procedure: a histomorphometric study. Int J Oral Maxillofac Implants. 2007 Jul- Aug;22(4)

**das Neves** FD., Fones D., Bernardes SR., do Prado CJ., Neto AJ. Short implants-an analysis of longitudinal studies. Int J Oral Maxillofac Implants. 2006 Jan-Feb;21.

**Davarpanah** M., Martinez H., Celletti R., Alcoforado G, Tecucianu JF., Etienne D. Osseotite implant: 3-year prospective multicenter evaluation. Clin Implant Dent Relat Res. 2001;3(2):111-8.

**Davies** JE. Mechanisms of endosseous. Int J Prosthodont. 1998 Sep-Oct;11(5):391-401.

**Degidi** M., Piatelli A., Iezzi G., Carinci F. Immediate loaded short implants: analysis of a case series of 133 implants, Quintessence Int. 2007 Mar;38(3):193-201.

**Del Fabbro** M., Testori T., Francetti L., Weinstein R. Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. Int J Periodont Rest Dent 2004;24:565-577.

**Esposito** M., Grusovin MG., Kwan S., Worthington HV., Coulthard P. Interventions for replacing missing teeth: bone augmentation techniques for dental implant treatment, Cochrane Database Syst Rev., 2008 Jul 16;(3)

**Feldman S.**, Boitel N., Weng D., Kohles SS., Stach RM. Five-year survival distributions of short-length (10 mm or less) machined-surfaced and Osseotite implants. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2004;6(1):16-23.

**Felice P.**, Checci V., Pistilli R., Scarano A., Pellegrino G., Esposito M. Bone augmentation versus 5-mm dental implants in posterior atrophic jaws. Four-month post-loading results from a randomised controlled clinical trial. *Eur J Oral Implantol.* 2009 Winter;2(4):267-81.

**Fernandes CL.** Volumetric analysis of maxillary sinuses of Zulu and European crania by helical, multislice computed tomography. *J Laryngol Otol.* 2004 Nov;118(11):877-81.

**Friberg B.**, Jemt T., Lekholm U. Early failures in 4,641 consecutively placed Brånemark dental implants: a study from stage 1 surgery to the connection of completed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991 Summer;6(2):142-146.

**Fugazotto PA.** Shorter Implants in Clinical Practice: Rationale and Treatment Results. *The Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008 May- Jun, 23(3):487-96.

**Galindo-Moreno P.**, Avila G., Fernández-Barbero JE., Mesa F., O'Valle-Ravassa F., Wang HL. Clinical and histologic comparison of two different composite grafts for sinus augmentation: a pilot clinical trial. *Clin Oral Implants Res.* 2008 Aug;19(8):755-9.

**Gant BT.**, Pancko FX., Kraut RA. Outcomes of placing short dental implants in the posterior mandible: a retrospective study of 124 cases. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Apr; 67(4):713-7.

**Garg AK.** Knochen: Biologie, Gewinnung, Transplantation in der zahnärztlichen Implantologie, Quintessenz Verlag, 2006

**Gehrke P.**, Neugebauer J. Implant surface design: using biotechnology to enhance osseointegration. Interview. Dent Implantol Update. 2003 Aug;14(8):57-64.

**Gentile MA.**, Chuang SK., Dodson TB. Survival estimates and risk factors for failure with 6 x 5.7-mm implants. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005 Nov-Dec;20(6):930-7.

**Gierse H.**, Donath K. Reactions and complications after the implantation of Endobon including morphological examination of explants. Arch Orthop Trauma Surg. 1999;119(5-6) 345-55.

**Goené RJ.**, Bianchesi C., Hüerzeler M., Del Lupo R., Testori T., Davarpanah M., Jalbout Z. Performance of short implants in partial restorations: 3-year follow-up of Osseotite implants. Implant Dent. 2005 Sep;14(3):274-80.

**Goené RJ.**, Testori T., Trisi P. Influence of a nanometer-scale surface enhancement on de novo bone formation on titanium implants: a histomorphometric study in human maxillae. Int J Periodontics Restorative Dent. 2007 Jun;27(3):211-9.

**Haas R.** Mündliche Mitteilung, Sinusfortbildung an der Medizinischen Universität Graz, 2004.

**Haas R.**, Donath K., Födinger M., Watzek G. Bovine hydroxyapatite for maxillary sinus grafting: comparative histomorphometric findings in sheep. Clinical Oral Implants Research Volume 9, Issue 2, pages 117–122, April 1998a

**Haas R.**, Mailath G., Dörtbudak O., Watzek G. Bovine hydroxyapatite for maxillary sinus augmentation: analysis of interfacial bond strength of dental implants using pull-out tests. Clin Oral Implants Res. 1998 b Apr;9(2):117-22.

**Hallman M.**, Sennerby L., Lundgren S. A clinical and histologic evaluation of implant integration in the posterior maxilla after sinus floor augmentation with autogenous bone, bovine hydroxyapatite, or a 20:80 mixture. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2002 Sep-Oct;17(5):635-43.

**Hallmann M.**, Zetterqvist L. A 5-year prospective follow-up study of implant-supported fixed protheses in patients subjected to maxillary sinus floor augmentation with a 80:20 mixture of bovine hydroxyapatite and autogenous bone. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:82-89.

**Hernández-Alfaro F.**, Torradeflot MM., Marti C. Prevalence and management of Schneiderian membrane perforations during sinus-lift procedures. *Clin Oral Implants Res*. 2008 Jan;19(1):91-8. Epub 2007 Oct 23.

**Hing KA.**, Best SM., Bonfield W. Charakterization of porous hydroxylapatite. *J Mater Sci Mater Med*. 1999 Mar;10(3):235-45.

**Holleman A.F.**, Wiberg E. *Lehrbuch der anorganischen Chemie*. 1976, Walter de Gruyter, Berlin

**Hürzeler MB.**, Quinones CR., Kirsch A., Schüpbach P., Krausse A., Strub JR., Caffesse RG. Maxillary sinus augmentation using different grafting materials and dental implants in monkeys. Part III. Evaluation of autogenous bone combined with porous hydroxylapatite. *Clin Oral Implants Res*. 1997 Oct;8(5):401-11.

**Jakse N.** Mündliche Mitteilung, Vorlesung: Orale Chirurgie III an der Medizinischen Universität Graz, 2009

**Jensen J.**, Sindet Pedersen S., Oliver AJ. Varying treatment strategies for reconstruction of maxillary atrophy with implants: results in 98 patients. *Journal of Oral and maxillofacial surgery* 52: 210- 216.

**Kahnberg** KE., Ekestubbe A., Gröndahl K., Nilsson P., Hirsch JM. Sinus lifting procedure: A one- stage surgery with bone transplant and implants. Clin Oral Implants Res 2000;12:479-487.

**Kappert** H. Titan als Werkstoff für die zahnärztliche Prothetik und Implantologie. Dtsch Zahnärztl. 1994;124:573-58.

**Kent** JN., Block MS. Simultaneous maxillary sinus floor bone grafting and placement of hydroxylapatite-coated implants. J Oral Maxillofac Surg. 1989 Mar;47(3):238-42.

**Kim** SS., Kim BS. Comparison of osteogenetic potential between apatite-coated (lactide-co-glycolide)/ Hydroxylapatite particulates and Bio- Oss. Dent Mater J. 2008 May;27(3):368-75.

**Lambrecht** J. Thomas. Zahnärztliche Operationen. Quintessenz Verlags- GmbH, Berlin, 2008

**Landes** C.A. Zygoma implant-supported midfacial prosthetic rehabilitation: a 4-year follow-up study including assessment of quality of life, Clin Oral Implants Res 16 (2005), pp. 313–325.

**Lee** DH., Ku Y., Rhyu IC., Hong JU., Lee CW., Heo MS., Huh KH. A clinical study of alveolar bone quality using the fractal dimension and the implant stability quotient. J Periodontal Implant Sci. 2010 Feb;40(1):19-24. Epub 2010 Feb 28.

**Lee** JH., Frias V., Lee KW., Wright RF. Effect of implant size and shape on implant success rates: a literature review. J Prothet Dent. 2005 Oct; 94(4): 377-381.

**Lorenzoni** M. Die Implantatprothetische Versorgung des Oberkieferseitenzahnbereichs. Habilitationsschrift, 1999

**Lüllmann- Rauch R.** Histologie.Verstehen- Lernen- Nachschlagen. Thieme-Verlag. Stuttgart. 2003

**Mailath-Pokorny G.** Surgical Perspectives for compromised bone. In: Watzek G, editor. Implants in qualitatively compromised bone. London Berlin Chicago Tokyo Copenhagen Paris Milan Barcelona Istanbul Sao Paulo New Dehli Moscow Prague Warsaw: Quintessenz; 2004.p.67-94.

**Malo´ P.,** M. de Araujo Nobre and B. Rangert, Short implants placed one- stage in maxillae and mandibles: a retrospective clinical study with 1 to 9 years of follow-up, Clin Implant Dent Relat Res. 2007, 9(1): 15- 21.

**Mardas N.,** Chadha V., Donos N. Alveolar ridge preservation with guided bone regeneration and a synthetic bone substitute or a bovine-derived xenograft: a randomized, controlled clinical trial. Clin Oral Implants Res. 2010 Jul;21(7):688-98.

**Mardas N.,** D'Aiuto F., Mezzomo L., Arzoumanidi M., Donos N. Radiographic alveolar bone changes following ridge preservation with two different biomaterials. Clin Oral Implants Res. 2011 Apr;22(4):416-23. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02154.x.

**Mendes VC.,** Moineddin R., Davies JE., The effect of discrete calcium phosphate nanocrystals on bone-bonding to titanium surfaces. Biomaterials. 2007 Nov;28(32):4748-55. Epub 2007 Aug 13.

**Misch CE.** Divisions of available bone in implant dentistry. Int J Oral Implantol. 1990;7(1):9-17.

**Misch CE.** Steingga J., Barboza E., Misch-Dietsh F., Cianciola LJ., Kazor C., Short Dental Implants in Posterior Partial Edentulism: A multicenter retrospective 6- year case series study. J Periodontol. 2006 Aug;77(8):1340-7.

**Moon SH.**, Um HS., Lee JK., Chang BS. Lee MK. The effect of implant shape and bone preparation on primary stability. *J Periodontal Implant Sci.* 2010 Oct;40(5):239-43. Epub 2010 Oct 31.

**Morand M.**, Irinakis. The challenge of implant therapy in the posterior maxilla: providing a rationale for the use of short implants, *J Oral Implantol.* 2007 33(5): 257-66.

**Muñoz-Guerra MF.**, Naval-Gías L. Capote-Moreno A., Le Fort I osteotomy, bilateral sinus lift, and inlay bone-grafting for reconstruction in the severely atrophic maxilla: a new vision of the sandwich technique, using bone scrapers and piezosurgery., *J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Mar;67(3):613-8.

**Myron N.**, James T. Mellonig. *Implantattherapie, Erfolgreiche klinische Methoden, Band 2*, Quintessenz, Berlin, 1999, S. 171ff.

**Nedir R.**, Bischof M., Briaux JM., Beyer S., Szmukler-Moncler S., Bernard JP. A 7-year life table analysis from a prospective study on ITI implants with special emphasis on the use of short implants. Results from a private practice. *Clin Oral Implants Res.* 2004 Apr;15(2):150-7.

**Nergiz L.** *Die Biostabilität von Implantaten in Abhängigkeit von ihrer Oberflächenkonditionierung bei kontrollierter Belastung.* Berlin: Quintessenz; 2003

**Novaes A.**, Souza S., de Oliveira P., Souza A. Histomorphometric analysis of the bone-implant contact obtained with 4 different implant surface treatments placed side by side in the dog mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:377–83.

**Novaes AB Jr.**, Papalexidou V., Grisi MF., Souza SS., Taba M Jr., Kajiwarra JK. Influence of implant microstructure on the osseointegration of immediate implants placed in periodontally infected sites. A histomorphometric study in dogs. *Clin Oral Implants Res.* 2004 Feb;15(1):34-43.

**Osborn** JF., Kovacs E., Kallenberger A. Hydroxylapatit ceramics-development of a new biomaterial and 1st animal experimental results. Dtsch Zahnarztl Z. 1980 Jan; 35(1):54-56

**Otto** T., Held U., Rohner D. Zygoma implants--an option for the treatment of severe atrophy of the maxilla? Case report] Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2010;120(1):35-50.

**Ozkurt** Z., Kazazoğlu E. Zirconia dental implants: A literature review. J Oral Implantol. 2010 Jun 14.

**Penarrocha-Diago** M., Uribe-Origone R., Guarinos-Carbo´ J. Implant-supported rehabilitation of the severely atrophic maxilla: a clinical report. J Prosthodont. 2004 Sep;13(3):187-91.

**Pertl**. Mündliche Mitteilung, Implantologiekongress Zell am See, 2010

**Pham-Duong Hieu**, Jin-Hyung Chung, Sung-Bin Yim, Ki-Seok Hong, A radiographical study on the changes in height of grafting materials after sinus lift: a comparison between two types of xenogenic materials.

**Platzer** S. Volumetrische Evaluation mittels dental CT nach Sinusaugmentation, Diplomarbeit. 2008

**Pontes** FS., Zuza EP., de Toledo BE. Summers' technique modification for sinus floor elevation using a connective tissue graft. A case report. J Int Acad Periodontol. 2010 Jan;12(1):27-30

**Pröbster** L., Maiwald U., Weber H. Three-point bending strength of ceramic fused to cast titanium. Eur J Oral Sci. 1996 104:313-319

**Pschyrembel**, Klinisches Wörterbuch, de Gruyter Verlag Berlin, 260.Auflage, 2004

**Ramírez-Fernández MP.**, Calvo-Guirado JL., Arcesio Delgado-Ruiz R., Maté-Sánchez Del Val JE., Gómez-Moreno G., Guardia J. Experimental model of bone response to xenografts of bovine origin (Endobon(®) ): a radiological and histomorphometric study. Clin Oral Implants Res. 2011 Jul;22(7):727-34. doi: 10.1111/j.1600-0501.2010.02052.x. Epub 2010 Dec 29.

**Rateitschak K.H.**, Edith M., Wolf Herbert F., Parodontologie, Farbatlanten der Zahnmedizin 1. 3. Auflage. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2003, S. 323 - 354

**Raviv E.**, Turcotte A., Harel-Raviv M. Short dental implants in reduced alveolar bone height. Department of Dentistry, Sir Mortimer B. Davis Jewish General Hospital, McGill University, Montreal, Canada. Quintessence Int. 2010 Jul-Aug;41(7):575-9.

**Renouard F.**, Arnoux J-P., Sarment DP. Five-mm-diameter implants without a smooth surface collar: report on 98 consecutive placements. Int J Oral Maxillofac Implants 1999;14:101-107.

**Renouard F.**, Nisand D. Impact of implant length and diameter on survival rates. Clin Oral Implants Res. 2006 Oct;17Suppl1 2:35-51.

**Renouard F.**, Nisand D. Short implants in the severely resorbed maxilla: a 2-year retrospective clinical study. Clin Implant Dent Relat Res. 2005;7 Suppl 1:S104-11.

**Romeo E.**, Ghisolfi M., Rozza R., Chiapasco M., Lops D. Short (8-mm) dental implants in the rehabilitation of partial and complete edentulism: a 3- to 14- year longitudinal study, Int J Prosthodont. 2006 Nov-Dec;19(6):586-92.

**Rupp F.**, Scheideler L., Rehbein D., Axmann D., Geis-Gerstorfer J. Roughness induced dynamic changes of wettability of acid etched titanium implant modifications. Biomaterials. 2004 Mar-Apr;25(7-8):1429-38.

**Sadler** TW. Medizinische Embryologie. Die normale menschliche Entwicklung und ihre Fehlbildungen. 10. korrigierte Auflage. Thieme- Verlag. Stuttgart. 2003

**Sammons** R., Lumbikanonda N., Cantzler P. Osteoblast interaction with different microstructured dental implant surfaces: comparative study of cell attachment, migration, proliferation, and differentiation. JDR 2003;82(6):1940

**Sammons**, Rachel L., Lumbikanonda N , Gross M., Cantzler P. Comparison of osteoblast spreading on microstructured dental implant surfaces and cell behaviour in an explant model of osseointegration, Clinical Oral Implants Research, 2005, 16 (6):657-666.

**Schenk** RK., Buser D. Osseointegration: a reality. Periodontol. 2000. 1998 Jun; 17: 23-35.

**Schenk** RK., Willenegger HR. Zum histologischen Bild der sogenannten Primärheilung der Knochenkompakta nach experimentellen Osteotomien am Hund. Experimentia 19 (1963) 593-595.

**Schlegel** A., Hamel J., Wichmann M., Eitner S. Comparative clinical results after implant placement in the posterior maxilla with and without sinus augmentation, Int J Oral Maxillofac Implants. 2008 Mar-Apr;23(2):289-98.

**Schmidt** B.L., M.A. Pogrel, C.W. Young and A. Sbarma, Reconstruction of extensive maxillary defects using zygomaticus implants, J Oral Maxillofac Surg (2004), pp. 82–89.

**Schnettler** R., Knöss PD., Heiss C., Stahl JP., Meyer C., Kilian O., Wensch S., Alt V. Enhancement of bone formation in hydroxyapatite implants by rhBMP-2 coating. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2009 Jul;90(1):75-81.

**Schroeder** HE. Orale Strukturbiologie. Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks. 5. unveränderte Auflage. Thieme- Verlag. Stuttgart. 2000

**Schroll** K., Watzek G. Zahnärztliche Chirurgie, Band II, Wilhelm Maudrich Verlag Wien, 1997, S. 261

**Schwenzer** N. Ehrenfeld M., Zahnärztliche Chirurgie, Lehrbuch zur Aus- und Weiterbildung, Zahn- Mund- Kieferheilkunde Band 3, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 3. Auflage, 2000

**Shakibaie**- M. Behnam. Die mikroskopisch geführte externe Sinusbodenelevation (MGES)- Eine neue minimalinvasive Operationstechnik. Implantologie 2008;16(1):21-31.

**Shirota** T., Shimodaira O., Matsui Y., Hatori M., Shintani S. Zygoma implant-supported prosthetic rehabilitation of a patient with a maxillary defect. Int J Oral Maxillofac Surg. 2010 Aug 19.

**Spiekermann** H., Donath K., Jovanovic S., Richter EJ. Farbatlanten der Zahnmedizin Band 10, Implantologie. Thieme- Verlag Stuttgart, 1994

**Spies** CK., Schnürer S., Gotterbarm T., Breusch SJ. Efficacy of Bone Source™ and Cementek™ in comparison with Endobon™ in critical size metaphyseal defects, using a minipig model. J Appl Biomater Biomech. 2010 Sep-Dec;8(3):175-85.

**Stach** RM., Kohles SS. A Meta-Analysis Examining the Clinical Survivability of Machined-Surfaced and Osseotite Implants in Poor-Quality Bone. Implant Dentistry. 2003; Vol. 12, No.1

**Stelzle F.**, Benner KU. Evaluation of Different Methods of Indirect Sinus Floor Elevation for Elevation Heights of 10 mm: An Experimental Ex Vivo Study. Clin Implant Dent Relat Res. 2009 Aug 3.

**Strietzel FP.**, Reichart PA. Oral rehabilitation using Camlog screw-cylinder implants with a particle- blasted and acid-etched microstructured surface. Results from a prospective study with special consideration of short implants. Clin Oral Implants Res. 2007 Oct;18(5):591-600. Epub 2007 Jun 21

**Sullivan D.**, Vincenzi G., Feldman S. Early loading of Osseotite implants 2 months after placement in the maxilla and mandible: a 5-year report. Int J Oral Maxillofac Implants. 2005 Nov-Dec;20(6):905-12.

**Summers RB.** A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. Compendium. 1994;15:152–158.

**Suttin Z.**, Gubbi P. Surface area increase due to discrete-crystalline-deposition of nanometer-scale CaP crystals. European Association for Osseointegration. 15th Annual Scientific Meeting. October 5-7, 2006.Zurich, Switzerland.

**Sykaras N.**, Iacopino AM., Marker VA., Tiplett RG., Woody RD. Implant materials, design and surface topographics: their effect on osseointegration. A literature review. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000 Sept-Oct;15(5):675-690.

**Tatum H., Jr.** Maxillary and sinus implant reconstructions. Dent Clin North Am. 1986;30:207–229.

**Tawil G.**, Aboujaoude N., Younan R. Influence of prothetic parameters of the survival and complication rates of short implants, Int J Oral Maxillofac Implants. 2006Mar-Apr;21(2):275-82

**Teixeira ER.**, Wadamoto M., Akagawa Y., Kimoto T. Clinical application of short hydroxylapatite-coated dental implants to the posterior mandible: a five-year survival study. *J Prosthet Dent.* 1997 Aug;78(2):166-71.

**Testori T.**, Del Fabbro M., Feldman S., Vincenzi G., Sullivan D., Rossi R. Jr, Anitua E., Bianchi F., Francetti L., Weinstein RL. A multicenter prospective evaluation of 2-months loaded Osseotite implants placed in the posterior jaws: 3-year follow-up results. *Clin Oral Implants Res.* 2002 Apr;13(2):154-6.1

**Tetsch J.**, Tetsch I., Tetsch P. Implantationen unter Berücksichtigung des Medizinproduktgesetzes (MPG), *Zahnärztl Impl* 2005; 21: 108

**Timmenga NM.**, Raghoobar GM., Boering G., Weissenbruch R. van. Maxillary sinus function after sinus lifts for the insertion of dental implants. *J Oral Maxillofac Surg* 1997; 55: 936-939.

**Todisco M.** Early loading of implants in vertically augmented bone with non-resorbable membranes and deproteinised anorganic bovine bone. An uncontrolled prospective cohort study. *Eur J Oral Implantol.* 2010 Spring;3(1):47-58.

**Toffler M.** Treating the atrophic posterior maxilla by combining short implants with minimally invasive osteotome procedures. *Pract Proced Aesthet Dent.* 2006 Jun;18(5):301-8; quiz 309, 316-7.

**Ulm CW.**, Solar P., Krennmair G., Matejka M., Watzek G. Incidence and suggested surgical management of septa in sinus lift procedures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1995 b; 10: 462-465.

**Valentini P.**, Abensur D., Densari D., Graziani JN., Hämmerle C. Histological evaluation of BioOss in a 2 stage sinus floor elevation and implantation procedure. *Clin Oral Impl Res* 1998: 9:59- 64.

**Valentini P.**, Abensur D., Wenz B., Peetz M., Schenk R. Sinusgrafting with porous bone mineral (Bio-Oss) for implant placement: A 5-year study on 15 patients. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2000;20:245-253.

**Van den Bergh JP.**, ten Bruggenkate CM., Disch FJ., Tuinzing DB. Anatomical aspects of sinus floor elevations. *Clin Oral Implants Res.* 2000 Jun;11(3):256-65.

**Vernamonte S.**, Mauro V., Vernamonte S., Messina AM. An unusual complication of osteotome sinus floor elevation: benign paroxysmal positional vertigo. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Aug 27

**Waldeyer A.**, Fanghänel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. *Anatomie des Menschen.* 17. Auflage. Walter De Gruyter Verlag Berlin- New York 2003, S.322ff.

**Wallace SS.**, Froum SJ. Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. *Ann Periodontol* 2003 Dec 8: 328-343.

**Wanschitz F.**, Figl M., Wagner A., Rolf E. Measurement of volume changes after sinus floor augmentation with a phycogenic hydroxyapatite. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2006;21:433–438.

**Wataha JC.** Materials for endosseous dental implants. *J Oral Rehabil.* 1996 Feb; 23(2):79-90.

**Wegscheider W.** Mündliche Mitteilung, Vorlesung: Prothetik an der Medizinischen Universität Graz, 2010

**Wennerberg A.**, Albrektsson T. On implant surfaces: a review of current knowledge and opinions. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2010 Jan-Feb;25(1):63-74.

**Wong** M., Eulenberger J., Schenk R., Hunziker E. Effect of surface topology on the osseointegration of implant materials in trabecular bone. *J Biomed Mater Res* 1995;29:1567–75.

**Woo** I., Le BT. Maxillary Sinus Floor Elevation: Review of Anatomy and Two Techniques; *Implant dentistry*, Vol. 13, Number 1, 2004

**Yamamichi** N., Itose T., Neiva R., Wang HL. Long- term evaluation of implant survival in augmented sinuses: a case series, *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2008 Apr;28(2):163-9

**Zinger** O., Anselme K., Denzer A., Habersetzer P., Wieland M., Jeanfils J. Time-dependent morphology and adhesion of osteoblastic cells on titanium model surfaces featuring scale-resolved topography. *Biomaterials* 2004;25:2695–711.

# Curriculum vitae

## *Persönliche Daten:*

**Vor- und Zuname:** Birgit WEITZER  
**Adresse:** Schörgelgasse 65, 8010 Graz  
**Geburtsdatum:** 27.04.1985  
**Geburtsort:** Voitsberg  
**Staatsbürgerschaft:** Österreich  
**Religion:** römisch-katholisch  
**e-mail:** weitzer\_birgit@hotmail.com

## *Ausbildung:*

**1991 – 1995** Volksschule Bärnbach- Afling

**1995 – 2003** Bundesgymnasium Köflach mit anschließender Matura

**2003 – 2011** Studium der Zahnmedizin an der Medizinischen Universität Graz, Univ. Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde