

# **UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF**

Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. Dr. med. dent. Max Heiland

## **Retrospektive Analyse von Sofortversorgungen im zahnlosen Kiefer auf XiVE®-Implantaten**

### **Dissertation**

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin/Zahnmedizin  
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

vorgelegt von:

Aria Delbar Wahidi  
aus Lübbecke

Hamburg 2015

**(wird von der Medizinischen Fakultät ausgefüllt)**

**Angenommen von der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 27.04.2016**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der  
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Dr. Max Heiland**

**Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: Prof. Dr. Florian Barvencik**

**~~Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in:~~**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Dentale Implantate</b> .....	<b>1</b>
1.1.1	Historie dentaler Implantate .....	1
1.1.2	Aufbau dentaler Implantate .....	2
<b>1.2</b>	<b>Sofortbelastung von dentalen Implantaten</b> .....	<b>4</b>
1.2.1	Sofortbelastung im zahnlosen Kiefer .....	5
1.2.2	Implantationsproblematik im zahnlosen Kiefer .....	7
1.2.3	Sofortbelastung mit Provisorien .....	8
<b>1.3</b>	<b>Hartgewebsaugmentation</b> .....	<b>9</b>
1.3.1	Die Sinusbodenelevation .....	10
1.3.2	Der Knochenblock .....	12
1.3.3	Die Knochenkondensation .....	12
1.3.4	Die Knochenspreizung (Bone Spreading) .....	12
1.3.5	Periimplantäre Augmentation von autogenen Knochenspänen .....	13
<b>1.4</b>	<b>Osseointegration</b> .....	<b>13</b>
1.4.1	Auswirkungen des Implantatdesigns auf die Osseointegration .....	14
1.4.2	Auswirkungen von Sofortversorgung und Sofortbelastung auf die Osseointegration .....	16
<b>1.5</b>	<b>Zielsetzung, Fragestellung und Hypothesen</b> .....	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Das Patientenkollektiv</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Die Dokumentation</b> .....	<b>19</b>
<b>2.3</b>	<b>Das Behandlungskonzept</b> .....	<b>19</b>
2.3.1	Präoperatives Management .....	19
2.3.2	Das chirurgische Protokoll .....	19
2.3.3	Das prothetische Protokoll .....	22
2.3.4	Das Sofortversorgungsprotokoll .....	24
<b>2.4</b>	<b>Das XiVE®-Implantatsystem</b> .....	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>Auswertung der Daten</b> .....	<b>26</b>
<b>2.6</b>	<b>Erfolgskriterien</b> .....	<b>28</b>
<b>2.7</b>	<b>Statistik</b> .....	<b>29</b>
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Patientenkollektiv</b> .....	<b>30</b>
<b>3.2</b>	<b>Auswertung der Implantat-bezogenen Daten</b> .....	<b>30</b>
<b>3.3</b>	<b>Implantationszeitpunkt</b> .....	<b>31</b>

<b>3.4</b>	<b>Implantationsregion</b> .....	<b>32</b>
<b>3.5</b>	<b>Augmentation</b> .....	<b>35</b>
3.5.1	Präimplantologische Augmentation .....	35
3.5.2	Periimplantologische Augmentation .....	36
<b>3.6</b>	<b>Prothetische Versorgung</b> .....	<b>37</b>
3.6.1	Definitive prothetische Versorgung .....	37
3.6.2	Zeitpunkt der definitiven prothetischen Versorgung .....	38
<b>3.7</b>	<b>Analyse des Knochenniveaus</b> .....	<b>40</b>
3.7.1	Nachbeobachtungszeitraum .....	40
3.7.2	Das horizontale Knochenniveau der gesamten Kohorte .....	41
<b>3.8</b>	<b>Überlebensstatistik</b> .....	<b>53</b>
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>58</b>
<b>4.1</b>	<b>Statistik</b> .....	<b>58</b>
<b>4.2</b>	<b>Die Sofortbelastung</b> .....	<b>58</b>
<b>4.3</b>	<b>Gestaltung der provisorischen Versorgung</b> .....	<b>60</b>
<b>4.4</b>	<b>Zeitpunkt der definitiven prothetischen Versorgung</b> .....	<b>60</b>
<b>4.5</b>	<b>Gestaltung der definitiven prothetischen Versorgung</b> .....	<b>62</b>
<b>4.6</b>	<b>Knochenabbau am Implantat</b> .....	<b>63</b>
4.6.1	Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von der Implantatlänge und dem Implantatdurchmesser .....	64
4.6.2	Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von der Implantatlokalisierung im Kiefer.....	64
4.6.3	Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von augmentativen Verfahren ..	65
4.6.4	Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von der prothetischen Versorgung .....	67
<b>4.7</b>	<b>Beurteilung der Überlebenszeitanalyse und Erfolgsquote</b> .....	<b>67</b>
<b>4.8</b>	<b>Analyse der Misserfolge</b> .....	<b>69</b>
<b>4.9</b>	<b>Schlussfolgerung</b> .....	<b>70</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>72</b>
<b>6</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>92</b>
<b>9</b>	<b>Lebenslauf</b> .....	Fehler! Textmarke nicht definiert.
<b>10</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>93</b>

**Meinen Eltern**  
**Soraya Wahidi und Dr. Fahim Ahmad Wahidi**  
**in Liebe und Dankbarkeit**

## 1 Einleitung

### 1.1 Dentale Implantate

#### 1.1.1 Historie dentaler Implantate

Eines der ältesten Therapieverfahren in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde ist die dentale Implantologie. Ihre Entwicklung kann bis in das 5. Jahrtausend v. Chr. zurückverfolgt werden (Watzek 2000). Um die verloren gegangenen Zähne zu ersetzen, wurden im Laufe der Zeit verschiedenste Materialien verwendet. Anfänglich wurden autologe, homologe oder heterologe Zähne transplantiert oder geschnitzte Elfenbein- und Knochenstücke eingesetzt, später „implantierte“ man Kautschuk, Gold oder Porzellan (Arnaudow und Garlichs 1972).

Erste Implantationsversuche im 20. Jahrhundert waren meist Sofortimplantationen. Unmittelbar nach Extraktion inserierte man alloplastische Materialien in die Extraktionsalveole. *Maggilio* wandte diese Methode 1807 an, indem er ein konisches Goldrohr als Implantat in einer Extraktionsalveole positionierte (Maggiolo 1809).

*Formigginis* Versuch erregte 1946 viel Aufmerksamkeit. Mit Hilfe einer Heliokoloidalschraube aus Tantal konnte er nach zwölf Jahren erstmals einen Langzeiterfolg in Verbindung mit Knochenapposition nachweisen (Formiggini 1947). Daraus folgten Modifikationen, wie z.B. die Chérchève-Schraube (Chercheve 1962) oder die Tantalnadel nach *Scialom* (Scialom 1962).

*Müller* entwickelte zeitgleich 1937 die sogenannte subperiostale Einlagerung von Implantaten, die in den 50er und 60er Jahren häufig angewendet wurde. Letztendlich scheiterte dieses Implantationsverfahren an dem hohen Aufwand, den unterschiedlichen Erfolgsraten und den hohen Explantationszahlen.

In den 70er Jahren wendete man sich vermehrt den enossalen Implantaten zu. Die Basis hierfür legte *Brånemark*. Die von *Linkow* parallel entwickelten Extensionsimplantate wurden zunehmend durch die Hohlschrauben von *Brånemark* verdrängt. Er stellte eine sehr hohe Akzeptanz von Titan im menschlichen Knochengewebe fest. Die ankylotische Verbindung von Knochen zu Titanformkörpern bezeichnete er als „Osseointegration“. *Brånemark* forderte zudem als erster eine atraumatische und „sterile“ Operationstechnik mit genormten Bohrinstrumenten (Brånemark et al. 1969; Brånemark 1985). Gemeinsam mit Kollegen entwickelte er eine Schraube aus Reintitan als zweiphasiges System mit entsprechenden prothetischen Verbindungselementen und Instrumentarien. Seine Erkenntnisse haben heute, 40 Jahre später, immer noch Bestand; aus ihnen entwickelten sich viele aktuelle Implantatsysteme (Watzek 2000).

Erst 1998 erkannte die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) die Implantologie dann als Therapiemaßnahme an (DGZMK Stellungnahme 1998). Lange Zeit galt zunächst ausschließlich der stark atrophierte Unterkiefer als Hauptindikation für eine Implantation, während der heutige Forschungsstand der dentalen Implantologie dem Patienten ein beinahe grenzenloses Indikationsspektrum bietet. Die Entwicklung komplexer chirurgischer und prothetischer Methoden ermöglicht zudem einen erhöhten Anspruch an die Ästhetik, Funktion und den Langzeiterfolg.

Nach dem Konsensuspapier des Berufsverbandes Deutscher Oralchirurgen (BDO), der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG), der

Deutschen Gesellschaft für Implantologie (DGI) und der Deutschen Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie (DGZI) werden folgende Indikationsklassen für eine Implantattherapie unterschieden (BDO, DGMKG, DGI, DGZI 2002):

- Einzelzahnersatz und Schaltlücke
- Reduzierter Restzahnbestand und Frendlücke
- Zahnloser Kiefer.

Diese wissenschaftliche Untersuchung setzt sich insbesondere mit Implantationen im zahnlosen Kiefer auseinander. Es ist die erste Studie, die den röntgenologischen Verlauf des Knochenabbaus am Implantat bei Sofortversorgungen im zahnlosen Kiefer über einen mittleren Zeitraum von acht Jahren darstellt.

### 1.1.2 Aufbau dentaler Implantate

Historisch betrachtet kann man fünf verschiedene Implantatformen unterscheiden:

- Submuköse Implantate
- Transdentale Implantate
- Subperiostale Implantate
- Enossale Implantate
- Mischformen

Heutzutage finden in der Regel nur noch die enossalen Implantate ihre Anwendung in der Implantologie. Man unterscheidet hier zwischen Blatt-, Nadel-, Zylinder- und den am häufigsten verwendeten Schraubenimplantate (Schroeder et al. 1996).

Bei den Implantaten selbst unterscheidet man zwischen einteiligen und zweiteiligen Implantaten. Einteilige Implantate sind aus einem Stück; der enossale Anteil ist mit dem Retentionselement der Suprakonstruktion also nahtlos verbunden. Die Einheilung erfolgt bei einteiligen Implantaten immer transgingival. Bei den zweiteiligen Implantaten ist der enossale Implantatkörper vom Retentionselement der Krone getrennt. Das separate Retentionselement wird „Abutment“ genannt und lässt sich auf den Implantatkörper schrauben. Ob ein einteiliges oder zweiteiliges Implantat gewählt wird, ist abhängig von der klinischen Situation und der gewünschten Suprakonstruktion.

Mit einteiligen Implantaten (z.B. Q-Implant®, Allfit®) ist eine schnelle und preiswerte Versorgung möglich. Wichtig bei der Verwendung eines einteiligen Implantates ist die achsengerechte Implantation, da ein Ausgleich der Implantatrichtung nicht mehr möglich ist.

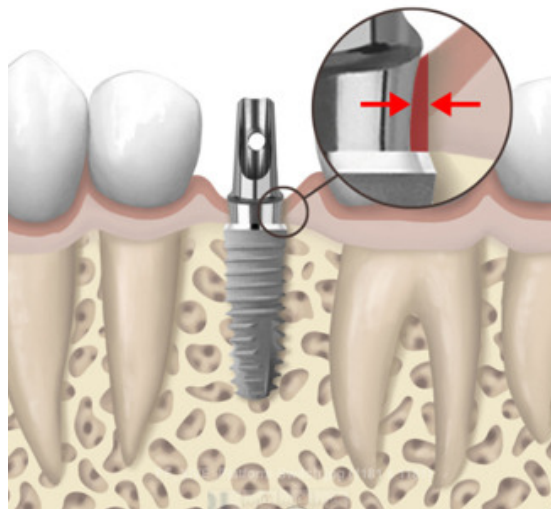
Zweiteilige Implantate ermöglichen durch ihren Aufbau eine Vielfalt an Prothetik. Auch bei einer ungünstigen Implantatpositionierung kann mit Hilfe von unterschiedlich stark abgewinkelten Abutments oder individueller Abutments eine zufriedenstellende ästhetische und funktionelle orale Rehabilitation erreicht werden (z.B. XiVE®). Eine Problematik der zweiteiligen Implantate sind die konstruktionsbedingten Spalten zwischen den Einzelteilen, die Prädilektionsstellen für bakterielle Besiedlung darstellen.

Der Hersteller des XiVE®-Implantatsystems (Dentsply Friadent, Mannheim, Deutschland) hat aus diesem Grund ein spezielles Design entwickelt. Durch eine leichte Aufwulbung der Implantatschulter im Verhältnis zum restlichen Implantatkörper kommt es zu einer Abdichtung des periimplantären Spaltes. Die Verbreiterung der Implantatschulter im Vergleich zum Aufbau wird als „platform-switching“ bezeichnet.



**Abbildung 1:** Das „platform-switch“-Konzept des XiVE®-Implantatsystems (Dentsply Implants 2013)

Wissenschaftliche Studien belegen, dass der Knochenkontakt im Bereich der Implantatschulter durch ein „platform-switching“ des Aufbaus stabil bleibt (Weng und Richter 2005). Der bakteriell besiedelte und mechanisch beanspruchte Mikropalt wird zentral in Richtung Implantatachse verlagert und entfernt somit den Mikropalt vom marginalen periimplantären Knochenlager (Vandeweghe und Bruyn 2012). Andere Studien zeigen, dass durch „platform-switching“ ein geringerer marginaler Knochenabbau im Bereich der Implantatschulter stattfindet (Canullo et al. 2010). Es wird auch diskutiert, ob das Weichgewebe einen Einfluss auf das horizontale und vertikale Knochenniveau hat (Hansson und Werke 2003).



**Abbildung 2:** Das „platform-switch“-Konzept des XiVE®-Implantatsystems (Dentsply Implants 2014f)



## 1.2 Sofortbelastung von dentalen Implantaten

In der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde wird in der Implantologie von Sofortbelastung gesprochen, wenn Implantate innerhalb von 72 Stunden nach ihrer Insertion mit Zahnersatz versorgt werden und Okklusionskontakte mit den Antagonisten aufweisen. Diese Definition wurde 2003 in der ITI Consensus Conference festgelegt (Ganeles und Wismeijer 2004; Cochran et al. 2004). Die Sofortversorgung von Implantaten beschreibt zwar auch die direkte Eingliederung des Zahnersatzes nach Implantatinsertion innerhalb von 72 Stunden, allerdings ohne Okklusionskontakt mit den Antagonisten (Chausu et al. 2001).

Durch eine sofortige Versorgung dentaler Implantate können Behandlungszeiten verkürzt und Kosten minimiert werden (Penarrocha et al. 2009; Chiapasco et al. 1997). Auch die Anzahl der Publikationen zum Thema Sofortversorgung und Sofortbelastung nach dentaler Implantation ist in den letzten Jahren sprunghaft angestiegen, was das große Interesse an der Thematik widerspiegelt (Del Fabbro et al. 2006).

*Schulte* und *Heimke* gehörten zu den ersten, die das Brånemark-Protokoll weiterentwickelte. 1976 untersuchten sie die Sofortimplantation mit Spätbelastung an Einzelzähnen (Tübinger Sofortimplantat) (Schulte und Heimke 1976). Durch die Sofortimplantation sollte die physiologische Alveolarfortsatzatrophie nach Zahnverlust vermieden werden. *Ledermann* publizierte ebenfalls bereits 1979 eine Studie zu sofortbelasteten Implantaten im interforaminalen Bereich durch Hybridprothesen (siehe Kap. 1.2.1 „Sofortbelastung im zahnlosen Kiefer“) (Ledermann 1979). Sofortbelastete, osseointegrierte Implantate sind bezüglich des Knochenniveaus und der Weichgewebsstabilität vergleichbar mit spätbelasteten Implantaten (Ganeles und Wismeijer 2004).

In der Literatur wird der mögliche Erhalt von Hart- und Weichgewebe bei Sofortimplantationen und provisorischen Sofortversorgungen diskutiert. Einige Autoren erhielten positive Ergebnisse hinsichtlich des Knochenerhaltes nach Sofortimplantation (Kawahara et al. 2003; Nkenke et al. 2003; Romanos et al. 2005; Schmitt et al. 2007). *Araújo et al.* hingegen bewiesen, dass Sofortimplantationen das transversale Knochenniveau nicht erhalten können (Araújo et al. 2006). Eine ähnliche Studie aus dem Jahr 2013 zeigt ebenfalls, dass das bukkale Knochenniveau auch durch Sofortimplantation nicht auf der ursprünglichen Höhe gehalten werden kann. Um die bukkale Knochenresorption weitestgehend zu reduzieren, empfehlen die Autoren eine möglichst orale Positionierung des Implantates, eine mindestens 2 mm breite bukkale Knochenlamelle und die Verwendung eines Implantates, dessen Durchmesser der extrahierten Alveole entspricht (Vina-Almunia et al. 2013).

Damit Implantate sofortversorgt werden können, sollten bestimmte Bedingungen erfüllt sein. *Salama* forderte (Salama et al. 1995) auf Basis des Ledermann-Protokolls (Ledermann 1984):

- Ausreichende Knochenqualität im Implantationsbereich (vor allem Unterkiefer-Front)
- Anwendung von Implantaten mit rauer Oberfläche (Microinterlock)
- Erhöhung der mechanischen Retention (Macrointerlock) durch eine günstige Implantatform
- Möglichst bikortikale Fixation der inserierten Implantate zur besseren Stabilisation
- Vermeidung oder Reduktion von Extensionen bei der Provisoriengestaltung

- Okklusionskonzept: axiale Belastung der Implantate

Aufgrund neuer Erkenntnisse und verbesserter Implantatdesigns konnte dieses Konzept modifiziert werden (Romanos 2005):

- Sofortbelastung ist nicht nur in der UK-Front sondern auch in allen Bereichen des Kiefers möglich
- Eine bikortikale Fixation ist nicht notwendig

Die Kriterien für die Planung und das chirurgische Vorgehen sind für die Sofortversorgung und die Sofortbelastung identisch (siehe Kap. 2.3.2 „Das chirurgische Protokoll“).

### 1.2.1 Sofortbelastung im zahnlosen Kiefer

Die dentale Rehabilitation von zahnlosen Patienten mit konventionellen Teil- oder Totalprothesen verursacht durch deren instabilen Sitz häufig funktionelle und psychologische Probleme. Um die Patientenzufriedenheit und damit die Lebensqualität zu erhöhen, kann aus diesen Gründen ein auf osseointegrierten Implantaten fixierter Zahnersatz indiziert sein (Naert et al. 1988).

Die Sofortbelastung von Implantaten im zahnlosen Unterkiefer ist gut dokumentiert (Testori et al. 2008; Balshi und Wolfinger 1997; Brånemark et al. 1999). Die Regio interforaminalis wird seit Jahren als sehr erfolgversprechend für sofortbelasteten, implantatverankerten Zahnersatz angesehen. Die kompakte Knochenqualität und meist auch trotz frühzeitigem Zahnverlust sehr gute Knochenquantität (sowohl transversal als auch vertikal) ermöglichen fast immer die Insertion von vier Implantaten mesial der Foramina mentales mit guten Voraussetzungen für eine Sofortbelastung (Brånemark et al. 1999). *Ledermann* entwickelte bereits 1979 ein Konzept zur Sofortversorgung zahnloser Unterkiefer (Ledermann 1979). Er versorgte die Patienten mit vier TPS-Implantaten interforaminär, die bikortikal gesetzt und sofort mittels eines stegprothetischen Aufbaus verblockt wurden. Direkt im Anschluss wurde die Deckprothese eingegliedert. Durch die resiliente Lagerung der Prothesenbasis wurde die Belastung postoperativ sowohl auf das Tegument als auch auf den Steg geleitet. *Ledermann* erreichte mit seinem Konzept eine Überlebensrate von 91,2 % nach 81 Monaten.

Aktuell entwickelt sich in der Versorgung zahnloser Kiefer ein Trend zu „Miniimplantaten“. Üblicherweise werden Standardimplantate mit einem Durchmesser von ca. 3,3 bis 4,3 mm eingesetzt, die aber oft nicht ohne augmentative Maßnahmen inseriert werden können. Gerade bei älteren zahnlosen Patienten können durch die physiologische Kieferkammatrophy bei der Anwendung von Standardimplantaten Kieferkammmodellationen notwendig sein. Miniimplantate mit einem Durchmesser zwischen 1,8 mm (z.B. Imtec, Fa. 3M Imtec, Ardmore, USA) und 2,5 mm (z.B. MDL, Fa. Intra-Lock International, Boca Raton, USA) zeigen vergleichbare Erfolgsraten zur Stabilisierung von Totalprothesen im Unterkiefer (Elsyad et al. 2011; Flanagan und Mascolo 2011). Obwohl die Miniimplantate einen reduzierten Durchmesser haben, zeigte sich kein verstärkter horizontaler Knochenabbau (Jofre et al. 2010). Ein wesentlicher Unterschied liegt nur in der Stresseinleitung, der bei den Miniimplantaten deutlich höher ist als bei Standardimplantaten mit 4,0 bis 5,0 mm Durchmesser (Anitua et al. 2010; Flanagan et al. 2008). Diese Tatsache führt bei den Miniimplantaten zu einer erhöhten Misserfolgsrate innerhalb der Osseointegrationsphase, sechs bis acht Monate nach Implantatinsertion. *Huemer et al.* entwickelten das „Minifive-Konzept“, bei dem fünf

Implantate (vier Miniimplantate und ein zusätzliches symphyseales Miniimplantat) mit dem Ziel der Sofortversorgung zur Stabilisierung einer Totalprothese in den zahnlosen Unterkiefer inseriert werden. Erfolg hatten alle primär inserierten Implantate, wie auch jene Implantate, die nach einem Misserfolg erneut gesetzt wurden. Die Misserfolge waren einfache Implantatverluste und Implantatbrüche – ein marginaler Knochenabbau über 3 mm konnte weder bei den erfolgreichen noch bei den erfolglosen Implantaten beobachtet werden. Als weiteres Ergebnis berichteten *Huemer et al.*, dass die Implantatlänge bei den Miniimplantaten eine entscheidende Rolle spielt. Über einen Beobachtungszeitraum von acht Jahren konnte gezeigt werden, dass die Verlustrate von 10 mm großen, monokortikal inserierten Miniimplantaten signifikant höher war als die von > 13 mm, monokortikal oder 10 mm, bikortikal verankerter Miniimplantate (Huemer et al. 2013). Auch *Ahn et al.* untersuchten mit Erfolg die Sofortbelastung von Miniimplantaten im zahnlosen Unterkiefer (Ahn et al. 2004).

Zur Validierung der Sofortbelastung im zahnlosen Oberkiefer gibt es im Vergleich deutlich weniger Studien. 1997 publizierten *Tarnow et al.* die Ergebnisse ihrer Untersuchungen, bei denen provisorisch sofortversorgte Implantate mit am gleichen Tag und im gleichen Kiefer gesetzten, späterbelasteten Implantaten verglichen wurden. Nach vier bis sechs Monaten wurden alle Implantate mit einer definitiven Brückenkonstruktion versehen. Es wurden mindestens zehn Implantate pro Kiefer inseriert. Mit Hilfe von Periotestwerten wurde bestimmt, welche von den Implantaten mit einem Provisorium sofortversorgt wurden (fünf Implantate) und welche unbelastet einheilten. Von den insgesamt 107 Implantaten wurden 69 sofortversorgt, wovon zwei verloren gingen. Die verbliebenen 38 Implantate heilten gedeckt und unbelastet ein; eins ging verloren. Aus diesen Untersuchungen schloss *Tarnow*, dass die Sofortversorgung eine Alternative neben dem konventionellen Behandlungsprotokoll darstellt (Tarnow et al. 1997). Seine Richtlinien:

- Sofortbelastete Implantate sollten im zahnlosen Kiefer mit verblockter Brückenkonstruktion versehen werden.
- Die Mindestimplantatlänge sollte bei Sofortversorgung und Sofortbelastung 10 mm betragen.
- Die provisorische Versorgung sollte metallverstärkt sein.
- Extensionen sind zu vermeiden.

*Ostman et al.* beschrieben die Oberkieferversorgung von 20 zahnlosen Patienten mit insgesamt 123 Implantaten. Bei den einzelnen Patienten wurden jeweils sechs bis acht Implantate gesetzt und innerhalb von zwölf Stunden mit einer provisorischen Brücke versorgt. Nach drei Monaten Einheilungszeit folgte die definitive Versorgung. Für die provisorische Versorgung galt sowohl ein reduziertes okklusales Konzept als auch die Reduktion der distalen Extension auf 5 mm. Das Resultat der Studie war der Verlust eines Implantates nach einem Jahr. Ihr Fazit war, dass die sofortige Versorgung von sechs bis acht Implantaten im zahnlosen Oberkiefer bei ausreichender Primärstabilität ein funktionierendes Behandlungskonzept darstellt (Ostman et al. 2005).

### 1.2.2 Implantationsproblematik im zahnlosen Kiefer

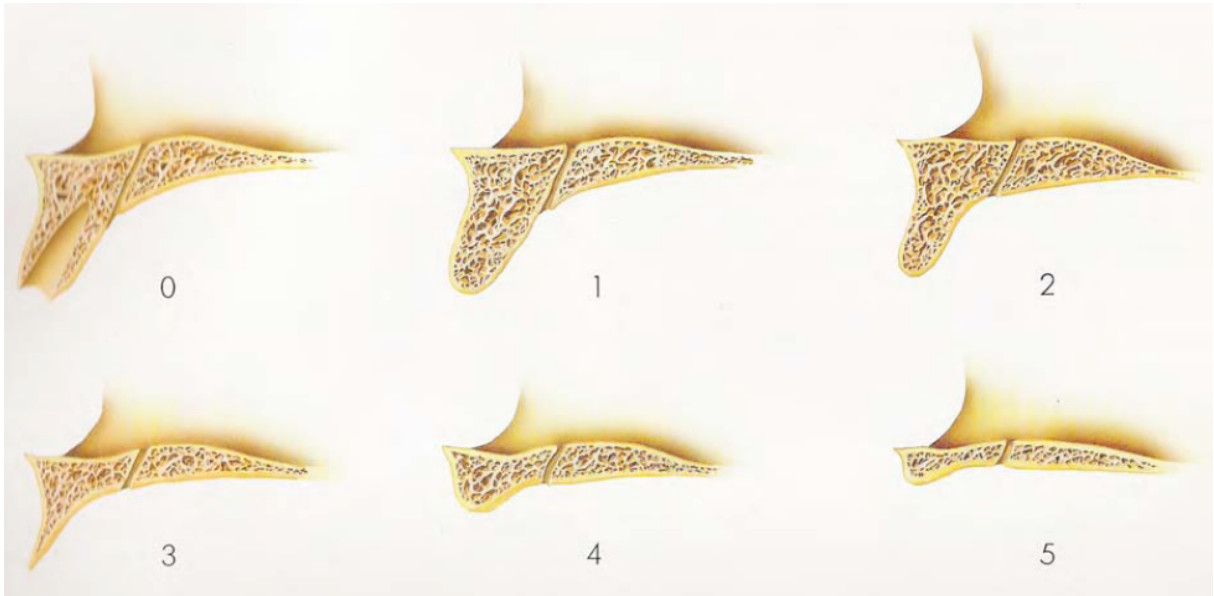
Der Unterkiefer (Mandibula) ist ein U-förmig gebogener Röhrenknochen, dessen Kompakta – mit Unterstützung der Trajektorien der Spongiosa – die Kaukräfte weiterleitet. Durch den hohen Anteil an Kompakta in der Mandibula ist vor Implantation meist ein Gewindeschnitt notwendig, um das Eindrehmoment zu verringern (Dentsply Implants 2014b).



**Abbildung 3:** Resorptionsklassen 1-6 des Unterkiefers nach Atwood (Gruber et al. 1993a)

Atwood definierte sogenannte Resorptionsklassen (RKL) für den Front- und Seitenzahnbereich des Unterkiefers (Atwood 1971; Atwood und Coy 1971), Fallschlüssel für die entsprechenden Bereiche des Oberkiefers (Fallschlüssel 1986). Die Klassen werden bei Zahnverlust chronologisch durchlaufen und bilden jeweils charakteristische Zustände des zahnlosen Alveolarfortsatzes ab. Der Knochenumbau findet in allen Kieferabschnitten gleichermaßen statt, weshalb in Abb. 3 nur exemplarisch der Frontzahnbereich dargestellt wird.

Im Gegensatz dazu ist der Oberkiefer (Maxilla) entwicklungsbedingt eine Leichtbaukonstruktion mit reduzierter Knochendichte – vor allem in der posterioren Region. Die Maxilla gibt Kaukräfte über verstärkte Fortsätze an benachbarte Strukturen weiter (Processus pterygoideus, Processus zygomaticus). Aus diesem Grund lässt sich ohne Hilfsmittel, wie beispielsweise eine Knochenverdichtung (siehe Kap. 1.3.3 „Die Knochenkondensation“), die Primärstabilität häufig schwierig erreichen. Weitere Umstände, die eine Sofortversorgung von Implantaten im bezahnten und unbezahnten Oberkiefer verhindern können, sind zum einen ein tiefer Sinusboden und zum anderen starke Resorptionen vor allem anterior an der Labialfläche des Knochens. Durch Augmentationen und spezielle Implantatentwicklungen (Oberfläche, Gewindedesign, etc.) kann die Primärstabilität verbessert werden: Die Sinusbodenelevation ermöglicht die Insertion von längeren Implantaten mit erhöhter Überlebenschancen (Behrens und Kolenda 2004). Auch bei Knochenverlust durch Trauma, Exzision oder Parodontitis können Augmentationen durchgeführt werden, um trotzdem die Schaffung prothetischer Pfeiler durch dentale Implantate zu ermöglichen (Gross 1997).



**Abbildung 4:** Resorptionsklassen 1-5 des Oberkiefers nach *Fallschlüssel*  
(Gruber et al. 1993b)

### 1.2.3 Sofortbelastung mit Provisorien

In neueren Studien erfolgt die Versorgung der Implantate postoperativ mit direkten oder im Labor gefertigten Provisorien (Abboud et al. 2005; Degidi et al. 2009; Horiuchi et al. 2000). Dieses Vorgehen erzielt gute ästhetische Ergebnisse, da schon während der Einheilungsphase das periimplantäre Weichgewebe ausgeformt werden kann (Degidi und Piattelli 2003). Die definitive prothetische Versorgung findet zu einem späteren Zeitpunkt statt, wenn einerseits von einer vollständigen Osseointegration und andererseits von keinen wesentlichen Veränderungen der periimplantären Weichgewebe mehr auszugehen ist.

Bei der Herstellung der Provisorien ist die Verwendung eines möglichst stabilen Materials – eventuell mit Metallverstärkung – wichtig, um eine Verblockung zwischen den einzelnen Implantaten herzustellen und dadurch Makrobewegungen auf das Implantat-Knochen-Interface zu verhindern und Mikrobewegungen zu reduzieren (Brunski 1999; Stegaroiu et al. 1998).

### 1.3 Hartgewebsaugmentation

Unter Hartgewebsaugmentation versteht man im Bereich der dentalen Implantologie die additive Schaffung eines suffizienten Knochenlagers für die geplanten Implantate. Der Knochenaufbau kann präimplantär oder periimplantär stattfinden. Der Augmentationszeitpunkt ist abhängig vom präimplantologischen Zustand des Knochenlagers – je größer der vorhandene Knochendefekt oder die Ausprägung der knöchernen Atrophie ist, desto eher findet in der Regel ein augmentativer Primäreingriff statt. In das optimierte Knochenlager können längere Implantate inseriert werden, was zu einer Erhöhung der Primärstabilität führen kann. Außerdem können die Implantate prothetisch günstiger platziert werden, sodass dann eine axiale Belastung möglich ist. Durch die so erreichte Optimierung der knöchernen Implantatbasis ist eine Steigerung der Ästhetik durch bessere Stützung des umliegenden Weichgewebes und besser angepasster Prothetik möglich.

Es gibt verschiedene Augmentationsmaterialien. Abhängig von der Herkunft kann zwischen biologischem Ursprung und synthetischer Herstellung des Knochenersatzmaterials unterschieden werden. Grundsätzlich unterteilt man das Knochenmaterial biologischen Ursprungs in folgende Gruppen: autogene Transplantate (vom gleichen Individuum), allogene Transplantate (genetisch differente, humane Transplantate) und xenogene Transplantate (bezüglich der Spezies different). Bei den synthetischen Knochenersatzmaterialien spricht man von alloplastischen Implantaten.

	<b>Nomenklatur</b>	<b>Materialherkunft</b>	<b>Art des Materials</b>
Transplantation von Knochenmaterial	<b>autogen</b>	Gleiches Individuum	Knochen
	<b>syngen</b>	Spender und Empfänger sind genetisch identisch (eineiige Zwillinge)	Knochen
	<b>allogen</b>	Gleiche Spezies (keine genetische Übereinstimmung)	Knochen aus Knochenbanken (DFDBA = Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft)
	<b>xenogen</b>	Andere Spezies	Knochen, Kollagen tierischen Ursprungs (z.B. Geistlich Bio-Oss®, Algipore®)
Implantation von Knochenersatzmaterial	<b>alloplastisch</b>	Synthetisch hergestellte Fremdmaterialien	Kalziumphosphate, Biogläser, Polymere usw.

**Tabelle 1:** Tabellarische Darstellung der Nomenklatur und Augmentationsmaterialien (Gernreich et al. 2003; Ehmke und Flemmig 1998)

Man unterscheidet verschiedene Augmentationsverfahren, wie die Sinusbodenelevation, die Knochenblockaugmentation, die Knochenkondensation und die Knochenspreizung (Bone Spreading).

### 1.3.1 Die Sinusbodenelevation

Die Sinusbodenelevation ist ein Verfahren zum vertikalen Knochenaufbau im Oberkieferseitenzahnbereich durch Einlagerung von Knochen und/oder Knochenersatzmaterial in den Raum zwischen knöchernem Kieferhöhlenboden und elevierter Kieferhöhlenschleimhaut (Barone et al. 2005). Diese Methode zur Verbesserung des Knochenangebots wurde erstmals 1980 von *Boyne* und *James* beschrieben (Boyne und James 1980).

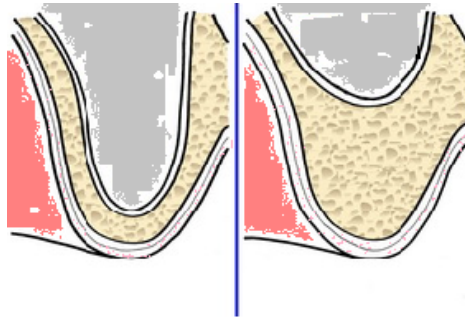
Die Indikation der Sinusbodenelevation ist bei einem unzureichenden vertikalen Knochenangebot im Oberkieferseitenzahnbereich und bei Kaudalisierung des Sinus maxillaris gegeben. Bei einer starken Atrophie des Kieferkamms und einer ausgedehnten Kieferhöhle ist die Knochendicke im ungünstigsten Fall nur noch auf die Kortikalis reduziert. In dieser Situation wäre eine alleinige Implantatinserterion nicht möglich, weil dafür ein Mindestknochenangebot von 6 bis 8 mm in der vertikalen Dimension erforderlich ist (Schliephake et al. 1997; Schlegel et al. 2003).

Die Sinusbodenelevation kann entweder simultan mit der Implantation (einzeitiges Verfahren) oder vorab (zweizeitiges Verfahren) durchgeführt werden. Beim einzeitigen Verfahren ist eine ausreichende Knochenquantität und -qualität für die Primärstabilität des Implantates Voraussetzung. Beträgt die vertikale Knochendimension weniger als 4 mm, sollte erst die Sinusbodenaugmentation und sechs bis neun Monate später in einem Zweitgriff die Implantation erfolgen (Jensen und Greer 1992; Hallman et al. 2002).

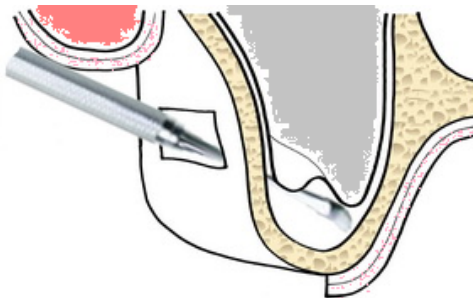
Es existieren zwei verschiedene operative Zugänge zum Sinus maxillaris, der externe und der interne:

Bei der internen Sinusbodenelevation nach *Tatum* wird der Zugang durch die Implantatbettbohrung geschaffen (Tatum, JR 1986). Durch die Verwendung konischer Kondensatoren mit aufsteigendem Durchmesser wird der knöcherne Kieferhöhlenboden frakturiert und die Kieferhöhlenschleimhaut vorsichtig nach kranial luxiert (Summers 1996).

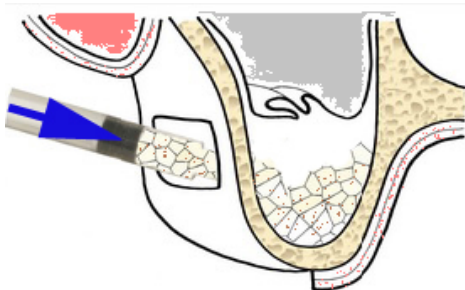
Um einen externen Zugang zur Kieferhöhle zu schaffen, wird die faziale Kieferhöhlenwand geöffnet. Mit diamantierten Fräsen wird ein fazialer Knochendeckel präpariert und vorsichtig, ohne Perforation der Kieferhöhlenschleimhaut (Schneider'sche Membran), in das Sinusareal nach kranial geklappt. Unter Sicht wird nun die Schneider'sche Membran mit speziellen Instrumenten vom Kieferhöhlenboden eleviert und anschließend das Augmentationsmaterial in den geschaffenen Hohlraum eingebracht. Der faziale Defekt kann zum Ende mit einer Membran abgedeckt werden, um eine ungestörte knöcherne Einheilung zu gewährleisten.



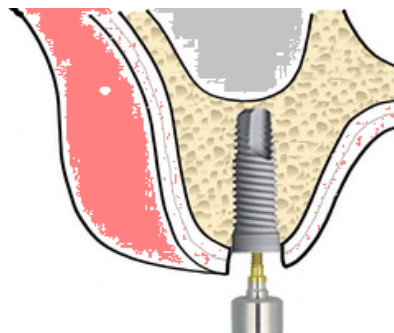
**Abbildung 5:** *links* zu geringes Knochenangebot aufgrund eines tiefen Sinus maxillaris *rechts* ein hoher Alveolarkamm mit ausreichend Knochen für eine Implantation (Hesse et al. 2011)



**Abbildung 6:** Faziales Knochenfenster mit Elevation der Schneider'schen Membran (Hesse et al. 2011)



**Abbildung 7:** Augmentation des Sinus maxillaris mit Knochenersatzmaterial (Hesse et al. 2011)



**Abbildung 8:** Nach Verknöcherung des Augmentationsmaterials ist eine Implantation möglich (Hesse et al. 2011)



### 1.3.2 Der Knochenblock

Abhängig vom jeweiligen Knochendefekt können kortikospongiöse Knochenblöcke entweder intraoral oder extraoral gewonnen werden. Bei kleineren Knochendefekten werden in der Regel Blöcke aus der retromolaren Region, dem Kinnbereich oder der Tuberregion gewonnen (Horch und Pautke 2006). Sind größere Augmentationsmengen notwendig, ist eine Blockaugmentation aus dem Beckenkamm, der Tibia oder der Kalotte möglich.

Die Knochenblöcke sollten möglichst genau an den vorhandenen Knochendefekt angepasst und mit Osteosyntheseschrauben fixiert werden (Buser et al. 1996; Carvalho et al. 2000). Das präimplantäre Augmentationsverfahren mit autologem Knochen sollte drei bis fünf Monate vor Implantation durchgeführt werden. Bedingt durch die knöcherne Einheilung und die Remodellingvorgänge ist der aufgebaute Knochen bereits drei bis fünf Monate nach Augmentation vaskularisiert und weist durch Umbauvorgänge eine festere Spongiosastruktur auf als zum Zeitpunkt der Transplantation. Dies führt zu einer Erhöhung der Primärstabilität sekundär inserierter Implantate (Neukam und Schultze-Mosgau 2004).

### 1.3.3 Die Knochenkondensation

Bei der Knochenkondensation erreicht man durch Kondensation der Spongiosa im umgebenden Knochen ein optimiertes Knochenlager (Summers 1994; Rosen et al. 1999). Nach der Bohrung eines Bohrschachtes erfolgt die laterale Verdichtung der Spongiosa mittels konischer Instrumente, die mit ansteigendem Durchmesser in den Bohrstollen eingeführt werden. Mit diesem Verfahren kann auch in D3- und D4-Knochen ausreichende Primärstabilität erreicht werden. Die verwendeten Instrumente zur Knochenkondensation sind mit dem verwendeten Implantatsystem abzustimmen. Im kortikalen Knochen sollte diese Methode aufgrund der Gefahr einer Knochenfraktur nicht angewendet werden (Strietzel et al. 2002).

### 1.3.4 Die Knochenspreizung (Bone Spreading)

Ziel der Knochenspreizung ist die Verbreiterung eines verschmälerten Alveolarfortsatzes durch Längsspaltung. Nachdem *Osborn* 1985 erstmals die Alveolar-Extensionsplastik beschrieb (Osborn 1985a, 1985b), folgten durch verschiedene Arbeitsgruppen Weiterentwicklungen und Modifikationen seiner Technik (Nentwig 1996; Khoury 1987). Gemein ist allen Techniken die krestale Spaltung des Kieferkamms durch Osteotomie. Anschließend wird durch die Einführung aufsteigender Instrumente in die geschaffene Längsspaltung der Kieferabschnitt langsam verbreitert. Durch die nachfolgende Interposition von Implantaten und/oder Augmentationsmaterialien wird die Knochenspreizung stabilisiert. Eine unversehrte knöcherne Basis ist Voraussetzung für die Primärstabilität des Implantates.

### 1.3.5 Periimplantäre Augmentation von autogenen Knochenspänen

Während der Implantatbettbohrung können die anfallenden Knochenspäne durch einen Spankollektor aufgefangen werden (Haessler et al. 1995). Die gewonnenen autologen Knochenspäne können dann zur periimplantären Augmentation verwendet werden. Sie können sowohl zur Auffüllung von Hohlräumen zwischen Extraktionsalveole und Implantatbett bei der Sofortimplantation als auch zur Modellierung des Kieferkamms bei Spätimplantationen verwendet werden (Haessler et al. 1995). Eine Nivellierung des Kieferkamms ist so nur in sehr geringem Ausmaß notwendig. Wenn die sichere periostale Abdeckung nicht gegeben ist, kann eine Membran zur Abdeckung herangezogen werden, um eine enossale Einheilung im Sinne der gesteuerten Geweberegeneration zu gewährleisten (Rominger und Triplett 1994).

### 1.4 Osseointegration

Die Grundvoraussetzung für einen dauerhaften Implantationserfolg ist die Osseointegration, der lichtmikroskopisch sichtbare Verbund von Implantatoberfläche mit lebendem Knochen (Schwartz et al. 1997). Die Osseointegration entsteht im Wesentlichen durch Knochenneubildung am Implantatinterface nach Insertion. Studien zeigen, dass Makrobewegungen während der Einheilung von schraubenförmigen Implantaten, die in der Osteosynthese Anwendung finden, zu einer fibrösen Knocheneinheilung führen. Diese Erkenntnisse aus der Orthopädie konnten mit ähnlichen Ergebnissen auch auf dentale Implantate übertragen werden (Soballe et al. 1992; Brunski et al. 1979). Mikrobewegungen hingegen scheinen bis zu einem gewissen Grad keinen negativen Einfluss auf die knöcherne Einheilung des Implantates zu haben.

Trotz nicht vollständig bekannter biologischer Mechanismen bei der Entwicklung des Implantat-Knochen-Verbundes, kann davon ausgegangen werden, dass die äußere Titanoxidschicht der Implantatoberfläche maßgeblich für die enossale Einheilung und die epitheliale Anheftung der Implantate verantwortlich ist (Ellingsen 1998). Wenige Sekunden nach Implantatinsertion kommt es zur Anhaftung von Fibrin, Thrombozyten und Proteasen auf der Titanoberfläche und sie bilden dort gemeinsam einen Biofilm (Nygren et al. 1997). Die initiale Einheilungsphase der Implantate ist von einer akuten Inflammation geprägt (Kieswetter et al. 1996). In dieser Phase migrieren polymorphkernige Leukozyten und Makrophagen aufgrund von chemotaktischen Faktoren. Es kommt zu ihrer Adhäsion und Proliferation. Signal- und Steuerproteine wie IL-1a und IL-1b spielen eine bedeutsame Rolle bei der Osteoblastendifferenzierung und Matrixproduktion.

*Davies* formulierte – ausgehend von der Tatsache, dass beim natürlichen Knochenumbau das zurückbleibende Kollagengerüst die Leitstruktur für neuen Knochen darstellt – die Hypothese, dass ein ähnlicher Mechanismus am frisch inserierten Implantat durch das Fibringerüst an der Implantatoberfläche stattfinden kann (Davies 1998). Laut *Davies* ist die Fähigkeit eines Implantates, Fibrin zu binden, entscheidend bei der Osseointegration. Fibrin bildet initial eine Matrix, die die Osteoblastenmigration an die Implantatoberfläche ermöglicht (Davies 2003). Die Befeuchtung eines Implantates während der Insertion verhindert die Adhäsion des Fibrins an der Oberfläche.

Die Umbauvorgänge in der Einheilphase des Implantates bewirken zunächst eine Reduktion der Implantatstabilität. Diese nimmt allerdings im Laufe der Einheilung durch zusätzliche Knochenapposition in die Oberflächenstruktur des Implantates in der Regel

wieder zu. Die auf diese Weise erreichte „biologische“ Stabilität wird als Sekundärstabilität bezeichnet (Cochran et al. 1998).

### 1.4.1 Auswirkungen des Implantatdesigns auf die Osseointegration

Die Primärstabilität eines Implantates ist definiert über die intraoperative, rein mechanisch erreichbare Stabilität im Knochenlager. Sie wird als ein maßgebender Faktor für den Implantationserfolg angesehen, besonders bei schlechtem Knochenlager, z.B. im Oberkieferseitenzahnbereich oder nach Augmentation (Wagner et al. 1999), und sollte deshalb bei Implantatinsertion immer exakt messbar sein. Durch eine ausreichende Primärstabilität sollen während der Einheilung auftretende schädliche Makrobewegungen vermieden werden, auch wenn transgingival oder bei primärer Belastung Kräfte auf das Implantat einwirken.

Die Knochendichte kann anhand des Verhältnisses von spongiösem zu kortikalem Knochenanteil gemessen werden. Klinisch ist die Knochendichte allerdings vor und während einer Implantation nicht messbar und somit kann dieses Verfahren nicht angewendet werden, da es keine Rückschlüsse auf die Primärstabilität ermöglicht.

Bis zur Veröffentlichung von *Trisi* im Jahr 2011 ging man noch davon aus, dass eine zu hohe Primärstabilität des Implantates zu Durchblutungsstörungen im Knochen führt. Laut *Davies* führt sie zu einer mangelhaften Blutung an der Implantatoberfläche (Davies 2003) und damit auch zu einer schlechteren Einheilung der Implantate. *Trisi* zeigte 2011 mit seiner Studie, dass ein hohes Eindrehmoment (110 N/cm) eine hohe Primärstabilität zur Folge hat – sogar eine höhere Primärstabilität als mit einem niedrigen Eindrehmoment (10 N/cm) (*Trisi et al.* 2011). Trotzdem wird in kortikalem Knochen häufig ein Gewinde vorgeschritten oder ein Krestbalbohrer (Erweiterungsbohrer) verwendet, um die Implantatinsertion zu erleichtern und die Primärstabilität etwas zu verringern.

Zur Verbesserung der Primärstabilität und der damit einhergehenden osseointegrativen Eigenschaften wurden im Laufe der Zeit verschiedene Oberflächenstrukturierungen des Implantates entwickelt. Man unterscheidet hierbei Makrostrukturierungen (Lakunen, Perforationen, Poren, Rillen, Gewindestrukturierungen) von Mikrostrukturierungen.

Das Makrodesign beschreibt die äußere Form des Implantates. Heute werden hauptsächlich Gewindeimplantate verwendet. Das Gewinde führt an zylindrischen Implantaten zu einer klinisch feststellbaren erhöhten Primärstabilität durch die Vergrößerung der relativen Oberfläche (Buchts et al. 2001). Man unterscheidet verschiedene Arten von Gewinden: das homogene und das progressive Gewinde. Das homogene Gewinde (entwickelt von Brånemark) beschreibt von der Implantatspitze bis zum kortikalen Durchtritt hin eine konstant bleibende Gewindetiefe, wohingegen das progressive Gewindedesign vom Implantathals bis zum Apex eine abgestufte, zunehmende Gewindetiefe aufweist. Das progressive Gewinde soll eine gleichmäßige Kraftverteilung, sowohl auf den kortikalen als auch auf den spongiösen Knochen, bewirken (*Patra et al.* 1998).

Die Mikrostrukturierungen hingegen vergrößern erheblich die strukturelle Implantatoberfläche. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Adhäsion und Matrixproduktion von Osteoblasten auf rauen und porösen Titanoberflächen positiv beeinflusst werden (*Größner-Schreiber und Tuan* 1991). Die Mikromorphologie ermöglicht eine Interaktion durch Zellanlagerung und -differenzierung (*Neugebauer et al.* 2003). Diese Erkenntnisse führten dazu, dass der Trend in Richtung speziell verarbeiteter

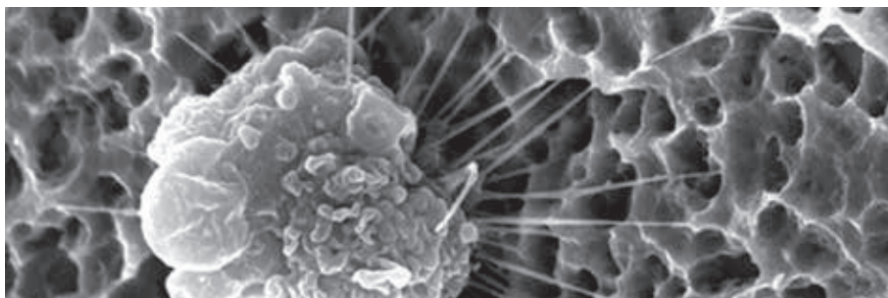
Implantatoberflächen ging, die eine enossale Einheilung wesentlich verbesserten und das Infektionsrisiko in der Langzeitbehandlung minimierten (Davies 1996).

Die Oberflächenmodifikation wird durch zwei Verfahren bewerkstelligt (Wagner und Al-Nawas 2004):

1. Ablative Verfahren (starke Rauigkeit)
2. Additive Verfahren (mittlere bis starke Rauigkeit)

Die ablativ Bearbeitung der Implantatoberfläche kann durch Ätzen (Flourwasserstoff/Salpetersäure, Schwefelsäure), Sandstrahlen (Aluminiumoxid, Titandioxid) oder durch einer Kombination aus beiden Methoden erfolgen. Durch die kombinierte Bearbeitung der Oberfläche konnte eine signifikante Steigerung der Osseointegration erreicht werden (Buser et al. 1998). Beim additiven Verfahren werden bestimmte Substanzen aufgeschmolzen bzw. aufgesintert, beispielsweise eine Titanplasmaspray- (TPS) oder Hydroxylapatitbeschichtung (HA). Nachteilig bei diesem Verfahren ist der schwache Verbund der additiven Schicht mit dem Implantat. Es kann zu einer Ablösung von Titanpartikeln kommen, die sich in Organen und Lymphknoten ablagern und zusätzlich auch Zell- und Stoffwechselprozesse negativ beeinflussen können (Stejskal und Stejskal 1999; Weingart et al. 1994).

Die höchste Zahl an Osteoblastendifferenzierung zeigte sich in einer *in vitro*-Studie von *Sammons et al.* auf der „FRIADENT® plus“-Oberfläche (Dentsply Friadent, Mannheim, Deutschland) (Abbildung 9) (Sammons et al. 2005). Zwar war die initiale Zellanlagerung nicht signifikant höher als bei Titanplasmaspray-beschichteten Implantaten und bei SLA-ITI-Implantaten (Sand-blasted, Large-grit, Acid-etched) (Straumann, Freiburg, Deutschland), aber signifikant höher als bei anderen bekannten Implantatoberflächen (z.B. Nobel Biocare TiUnite, 3i Osseotite). In einer Studie von *Neugebauer* wurde ermittelt, dass der Knochen-zu-Implantat-Kontaktwert bei den Plus-Implantaten am geringsten variierte. Ein Unterschied bei Ausdrehtests unterschiedlicher sofortbelasteter Implantate mit verschiedenen Gewindedesigns und Oberflächen war nicht zu erkennen (Neugebauer et al. 2009).



**Abbildung 9:** Erstkontakt eines Osteoblasten auf der „FRIADENT® plus“-Oberfläche (Sammons et al. 2005)

### 1.4.2 Auswirkungen von Sofortversorgung und Sofortbelastung auf die Osseointegration

Bei Betrachtung der bisher veröffentlichten wissenschaftlichen Studien und der Überlebensraten von sofortbelasteten Implantaten kann – bei richtiger Indikation und Verfahrensweise – kein negativer Effekt der Sofortbelastung auf die Osseointegration festgestellt werden. Voraussetzung ist eine gute Selektion der Fälle hinsichtlich Primärstabilität, Knochenquantität und -qualität (Szmukler-Moncler et al. 2000) und die Messung des Eindrehmoments.

Das wichtigste Kriterium während der Einheilphase für eine erfolgreiche Osseointegration ist, dass sich die Mikrobewegungen des Implantates in einem tolerierbaren Bereich bewegen. Eine Auslenkung von mehr als 150 µm scheint eine Knochenresorption hervorzurufen, während unterhalb dieses Schwellenwertes Osseointegration ungestört stattfinden kann (Szmukler-Moncler et al. 1998). Ohne eine primärstabile Verankerung führen Belastungen zu Makrobewegungen mit ausbleibender Osseointegration und damit zu Implantatverlust (Heinemann et al. 2015).

In der Orthopädie wurde in den 1990er Jahren festgestellt, dass Frakturheilungen mittels Osteosynthese durch frühe Belastung beschleunigt werden (Goodman und Aspenberg 1993). Ähnliche Ergebnisse zeigen dental-implantologische Studien. Durch sofortige, aber schonende Belastung des Implantatknochenlagers kommt es nach sechsmonatiger Belastung zu einem höheren Mineralisationsgrad am Implantatinterface als bei gedeckt einheilenden Implantaten (Degidi et al. 2003). In tierexperimentellen Studien konnten *Romanos et al.* und *Neugebauer et al.* gleichwertige Ergebnisse feststellen (Romanos et al. 2003; Neugebauer et al. 2009).

Knochengewebe hat die Fähigkeit, auf mechanische Beanspruchung zu reagieren und innerhalb bestimmter Grenzen durch adaptive Verstärkung („bone remodelling“) zu reagieren (Frost 1990). *Degidi et al.* zeigten 2005, dass die Sofortbelastung von Implantaten das „bone remodelling“ stimuliert und zu einem erhöhten Anteil an lamellären Knochen am Implantatinterface führt (Degidi et al. 2005). Demnach kann man dem Knochengewebe mit einem passenden Okklusions- und Artikulationskonzept eine Belastungsadaptation durch Remodelling ermöglichen. Anhand einer belastungsreduzierten provisorischen Versorgung oder auch durch einen progressiven Belastungsmodus kann ein Knochentraining und somit eine Adaptation des Knochens erreicht werden (Barbier und Schepers 1997).

Eine Studie betrachtete speziell die „FRIADENT® plus“-Oberfläche bei Sofortbelastung. Das Ergebnis wies einen signifikant höheren Kollagenfaseranteil mit transversaler Ausrichtung im Vergleich zu den unbelasteten Implantaten auf. Implantate mit der „plus“-Oberfläche entwickelten unter Belastung deutlich mehr sekundäre Osteone (Traini et al. 2005). *Romanos* zufolge hat die provisorische Sofortversorgung von Implantaten das experimentelle Stadium verlassen (Romanos 2004).

## 1.5 Zielsetzung, Fragestellung und Hypothesen

Die Sofortversorgung von Implantaten im zahnlosen Kiefer wird zunehmend in der Praxis angewendet. Ziel dieser Studie ist die Evaluation des klinischen Erfolges der XiVE®-Implantate im zahnlosen Kiefer mit Sofortversorgung. Dafür wurden die Erfolgsraten sowie das periimplantäre Knochenniveau der untersuchten Patienten beurteilt.

Die Grundhypothese meiner retrospektiven Studie ist, dass die Sofort- und die Spätversorgung im zahnlosen Kiefer in Bezug auf die Erfolgsrate und das periimplantäre Knochenniveau gleichwertig sind.

Folgende Nebenhypothesen haben wir für diese Studie aufgestellt und untersucht:

- Der Implantationszeitpunkt hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Implantatlänge und -durchmesser haben keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die Implantationsregion hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die Art der prothetischen Versorgung hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die präimplantäre Augmentation hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die periimplantäre Augmentation hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Das Patientenkollektiv

Für diese retrospektive Studie wurden die Daten von vierundzwanzig Patienten (elf Männer und dreizehn Frauen) im Alter von 53 bis 89 Jahren (durchschnittliches Alter: 69,54 Jahre) anonymisiert ausgewertet. Aufklärung, Untersuchung, Beratung und Therapie erfolgten in der Chirurgischen Fachzahnarztpraxis von Dr. Kornmann, Dr. Gerlach und Kollegen von Oktober 2003 bis April 2010 in Oppenheim durch die Zahnärzte Dr. Frank Kornmann (Fachzahnarzt für Oralchirurgie) und Dr. Till Gerlach (Fachzahnarzt für Oralchirurgie).

Alle in dieser Studie untersuchten Patienten entsprachen den folgenden Kriterien:

- Alle Patienten waren in mindestens einem Kiefer zahnlos oder wiesen extraktionswürdige Restbeziehung auf (schwere kariöse und/oder parodontale Schädigung, Längsfraktur).
- Eine Primärstabilität von mindestens 25 N/cm wurde als unterster Grenzwert festgelegt (Romanos 2004; Kornmann 2010).
- Die Mindestimplantanzahl für eine prothetische Sofortversorgung belief sich im Unterkiefer auf vier Implantate und im Oberkiefer auf sechs Implantate.
- Die Sofortversorgung der Implantate erfolgte durch ein „chair-side“-Provisorium.

Von der ITI-Gruppe wurde im Rahmen eines umfangreichen Konsensus-Papieres eine Abstufung von Risiko- und Hochrisikofaktoren diskutiert (Buser et al. 2000). Diese galten auch als Ausschlusskriterium für diese Studie (siehe Tabelle 2).

Risikofaktoren	Hochrisikofaktoren
<ul style="list-style-type: none"><li>• Vorbestrahlter Knochen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Schwerwiegende systemische Erkrankungen</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Schwere Diabetes Mellitus</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Immunkompromittierte Patienten</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Hämorrhagische Diathesen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Drogenabusus</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Starkes Rauchen (Heitz-Mayfield und Huynh-Ba 2009)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Unkooperativer Patient</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Bisphosphonattherapie i.v.</li></ul>	

**Tabelle 2:** Risiko- und Hochrisikofaktoren. Konsensus-Papier der ITI-Gruppe (Buser et al. 2000)

### 2.2 Die Dokumentation

Für die Nachuntersuchungen der vorliegenden Studie wurden alle zahnlosen Patienten, die nach dem in der Praxis definierten Protokoll der Sofortversorgung (siehe Kap. 2.3.4 „Das Sofortversorgungsprotokoll“) behandelt wurden, ausgewählt. Das Sofortversorgungsprotokoll wird in der Praxis seit 2003 verwendet. Die in der Patientendokumentation gemäß Sofortversorgungsprotokoll definierten Parameter wurden elektronisch mit der Patientendokumentationssoftware „impDAT“ (Kea Software GmbH, Pöcking, Deutschland) erfasst.

### 2.3 Das Behandlungskonzept

Alle Patienten, die an dieser Studie teilnahmen, wurden ausnahmslos nach demselben chirurgischen und prothetischen Protokoll von Dr. Till Gerlach und Dr. Frank Kornmann behandelt.

#### 2.3.1 Präoperatives Management

Während der ersten Untersuchung wurde ein umfassendes Gespräch mit dem Patienten geführt, um seine Wünsche und Vorstellungen zu ermitteln, Kontraindikationen auszuschließen und über Risiken aufzuklären. Anhand der allgemeinen und speziellen Anamnese erstellten die behandelnden Zahnärzte ein individuelles Risikoprofil. Es folgten die Analyse der klinischen Ausgangssituation, eine ausführliche intraorale Befunderhebung und die präoperative Röntgendiagnostik.

Um das Knochenniveau genau bestimmen zu können, war die Standardröntgenaufnahme vor Implantation eine Panoramaschichtaufnahme mit individuell hergestellter Röntgenschablone mit integrierten Messkugeln zur Kalibrierung der Aufnahme. In zweidimensional nicht eindeutig zu beurteilenden Fällen wurde vorab auch eine DVT (Digitale Volumen Tomographie) angefertigt.

Nach Vorlage und Auswertung aller diagnostischen Unterlagen erfolgte die Behandlungsplanung. Dazu gehörten sowohl die präprothetische als auch die chirurgische Planung mit Herstellung einer Bohrschablone nach diagnostischem Wax-Up, der Zeitplan und der Kostenplan. Abschließend wurde dieser mit dem Patienten besprochen und bei Einwilligung mit der individuellen Therapie begonnen.

#### 2.3.2 Das chirurgische Protokoll

Das chirurgische Protokoll richtete sich nach dem Implantationszeitpunkt. In dieser Studie wurden sowohl die Daten der Sofortimplantationen, das heißt Extraktion des Zahns und sofortige Implantatinserterion, als auch der Spätimplantationen, sprich Implantation erst nach Ausheilung der Hart- und Weichgewebe, retrospektiv ausgewertet. Abhängig von der klinischen Ausgangssituation wurden bei den einzelnen Patienten entweder nur Sofortimplantate, nur Spätimplantate oder eine Kombination beider inseriert. Klinische Voraussetzungen für Sofortimplantationen bei dieser Studie waren:

- intakte Extraktionsalveole (Lazzara 1989, 1993)
- ausreichendes Knochenangebot zur Gewährleistung der Primärstabilität des Implantates



## Material und Methoden

---

- klinische Entzündungsfreiheit

Sind diese Kriterien erfüllt, kann davon ausgegangen werden, dass die Sofortimplantation genauso erfolgreich ist wie die Spätimplantation (Chaushu et al. 2001; Aires und Berger 2002).

In allen anderen Fällen wurde eine Spätimplantation mit eventuell vorangehender Augmentation des Knochenlagers durchgeführt.

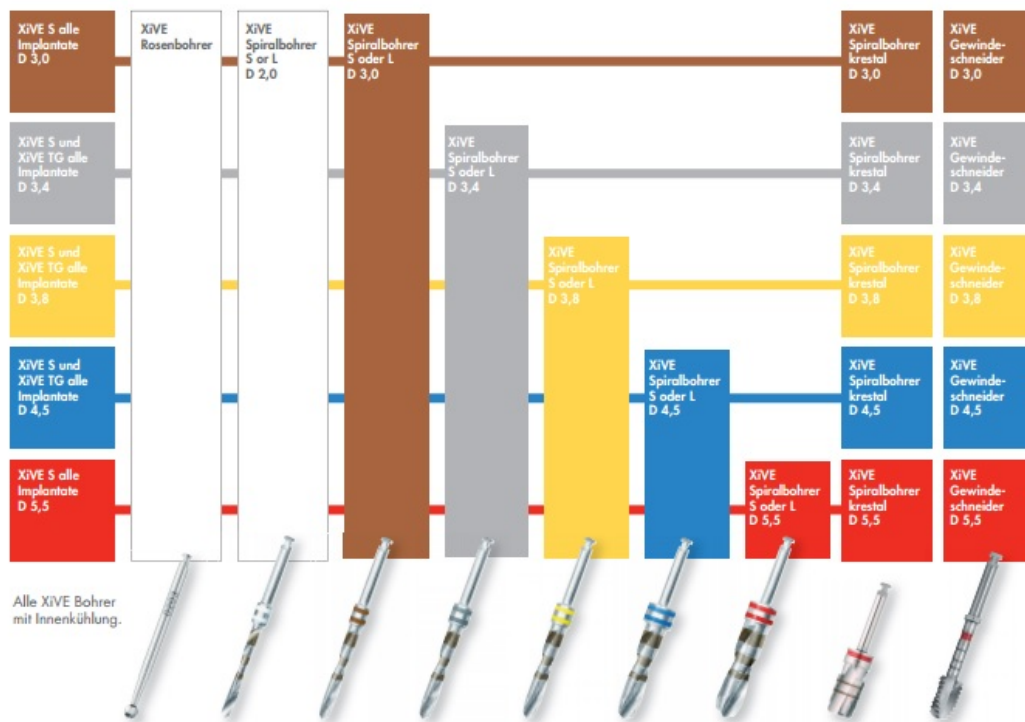
	Sofortimplantation	Verzögerte Sofortimplantation	Spätimplantation
Zeitpunkt	Sofort nach Zahnextraktion	6-8 Wochen nach Zahnextraktion	6-8 Monate nach Zahnextraktion
Beschreibung	Keine durch Zahnlosigkeit bedingte Knochenatrophie.	Die Knochenatrophie nach Extraktion ist noch gering und das Weichgewebe in der Regel ausgeheilt.	Der Abschluss der knöchernen Regeneration hat größtenteils stattgefunden.

**Tabelle 3:** Darstellung der Möglichkeiten im chirurgischen Protokoll

Um den Kieferkamm optimal darzustellen, wurde zu Beginn durch krestale Inzision ein Mukoperiostlappen präpariert und gegebenenfalls ein mesialer Entlastungsschnitt ins Vestibulum durchgeführt. In der Mandibula wurde bei Bedarf zusätzlich das Foramen mentale dargestellt.

Vorhandenes entzündetes Gewebe in der Alveole wurde restlos entfernt, um eine Verschleppung von Granulationsgewebe bei der Implantation nach apikal zu vermeiden. Bei vorhandenen Knochendefekten, die die Primärstabilität des Implantates nicht beeinflussten, wurde wenn notwendig mit Eigenknochen oder Knochenersatzmaterial von Geistlich Bio-Oss® (Geistlich Biomaterials, Baden-Baden, Deutschland) oder von FRIOS Algapore® (Dentsply Friadent, Mannheim, Deutschland) augmentiert und ggf. eine Membran (Geistlich Bio-Gide®) zum Schutz des Augmentats vor der Einwanderung von Bindegewebszellen eingesetzt.

Die Implantatbettaufrbereitung erfolgte nach Maßgabe des Herstellers. Begonnen wurde mit dem schmalsten Spiralbohrer bis hin zum Spiralbohrer entsprechend des gewünschten Implantatdurchmessers.



**Abbildung 10:** Darstellung des XiVE®-Bohrprotokolls (Dentsply Implants 2014a)

Im Anschluss an die Implantatbettauflbereitung erfolgte die qualitätsabhängige krestale Präparation des Knochens in individueller Anpassung an die klinische Situation. Nach Maßgabe des Herstellers wurde ein Gewindeschnitt bei sehr kortikalem Knochen (D1) (Misch 1990) ausgeführt, um die Insertionsdrehmomente auf physiologische Werte zu begrenzen (Dentsply Implants 2014b).

Die Implantatinserktion wurde mit einer FRIOS® Unit E (Dentsply, Friadent, Mannheim, Deutschland) durchgeführt. Der Wundverschluss erfolgte speicheldicht mit pseudomonofilen, nicht resorbierbaren Nähten verschiedener Hersteller, sodass weder das Abform- noch das provisorische Kronen- und Brückenmaterial (verschiedene Hersteller) während der Herstellung in die Wunde eindringen konnte. Pseudomonofiles Nahtmaterial erschwert eine Anhaftung von Speiseresten oder zahnärztlicher Abform- und Versorgungsmaterialien stark.

Für die abschließende Beurteilung der Implantation wurde postoperativ eine Panoramaschichtaufnahme angefertigt und bei Bedarf als Analgetikum Ibuprofen 600mg verschrieben. Bei Augmentationen wurde zusätzlich ein Antibiotikum verschrieben (bei Penicillinverträglichkeit: Amoxicillin 1000 mg alle acht Stunden, bei Penicillinunverträglichkeit Clindamycin 600 mg alle acht Stunden). Die Wundkontrolle erfolgte sieben bis zehn Tage nach dem Eingriff. An diesem Termin fand ebenfalls die Nahtentfernung statt.

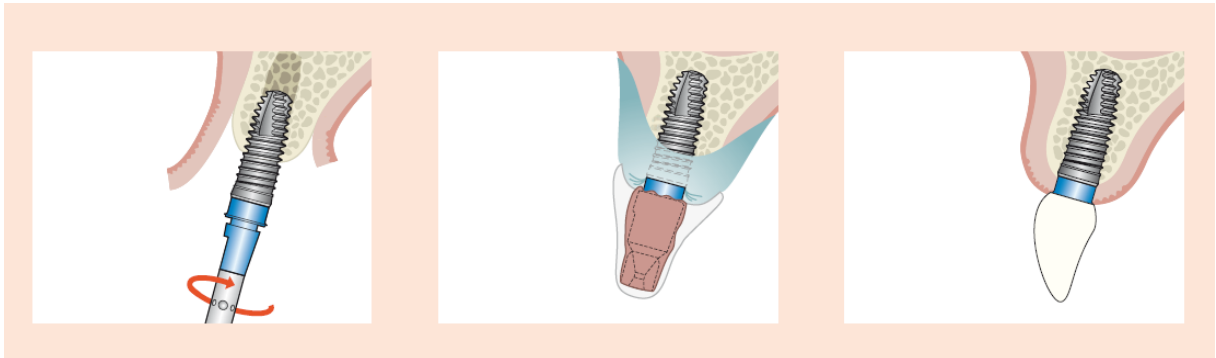
Bei postoperativen chirurgischen Auffälligkeiten wurde abhängig von der Diagnose therapiert. Bei leichten Entzündungen in der Implantationsregion wurde mit Nebacetin-Salbe (Lokalantibiotikum zur Behandlung der Haut und Schleimhaut) behandelt und der Patient in ein engmaschiges Recall-Verfahren eingegliedert, um den Zustand des Implantates zu beobachten. Bei ausgeprägteren Entzündungen in der Implantationsregion wurde das Implantat im schlimmsten Fall entfernt.

### 2.3.3 Das prothetische Protokoll

Alle Implantate wurden postoperativ mit „chair-side“-Provisorien aus Kunststoff versorgt. Aus funktionellen und ästhetischen Gründen wurden diese bei jedem Patienten verblockt, das heißt alle Implantate wurden gegeneinander über das Provisorium stabilisiert.

Die Herstellung eines „chair-side“-Provisoriums erfolgte nach folgendem Protokoll:

Beim XiVE®-Implantatsystem wird bei jedem Implantat ein sogenanntes „FRIADENT® TempBase“ mitgeliefert (siehe Abbildung 11). Die TempBase erfüllt drei Funktionen: Eindrehpfosten, Abformpfosten und provisorischer Aufbaupfosten.



**Abbildung 11:** TempBase – Eindrehpfosten, Indexregistrierung und provisorischer Aufbaupfosten (Dentsply Implants 2014d)

Als Eindrehpfosten ist bei allen XiVE®-Implantaten das TempBase vormontiert. Ist eine provisorische Sofortversorgung des Implantates geplant, so kann es direkt auf dem TempBase hergestellt werden. Im Falle einer gedeckten Einheilung kann die TempBase entfernt werden, das Implantat mit der gelieferten Verschlusschraube verschlossen werden und subgingival einheilen.

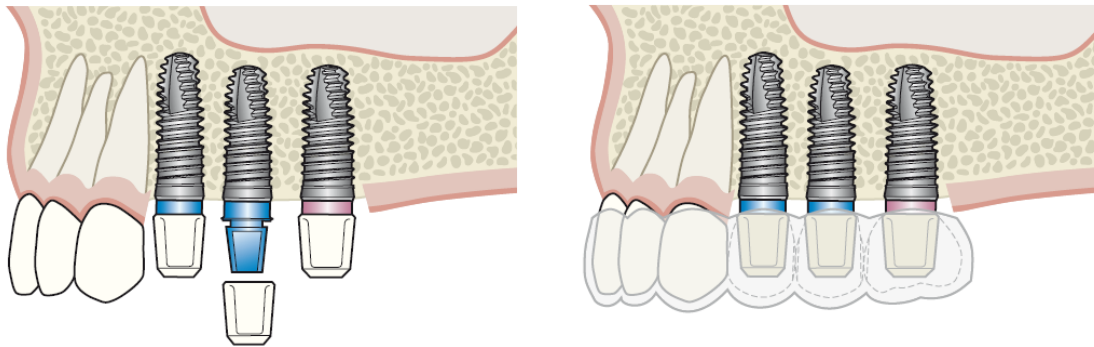
Die TempBase besteht aus einer farbkodierten Titanlegierung – entsprechend der angebotenen Implantatdurchmesser. Die Aufbauhöhe beträgt 6 mm, wobei der zervikale Millimeter im Sinne einer Präparationsgrenze etwas extendiert gestaltet ist. Seitlich finden sich Rotationsabflachungen zur sicheren Positionierung der provisorischen Aufbauten.

Das Implantat wird über die TempBase aus dem sterilen Implantatträger entnommen und mit Hilfe einer Ratsche oder eines Winkelstücks in das Implantatbett eingebracht. Im Anschluss kann die TempBase entweder zur Indexregistrierung oder als temporäre Versorgung im Implantat verbleiben. In meiner Studie verblieb es als temporäre Versorgung im Implantat. Mit Hilfe des FRIADENT® TempBase Caps, einem präfabrizierten Kunststoffkappchen, wurde unmittelbar nach Implantatinsertion ein Provisorium hergestellt (siehe Abbildung 12).

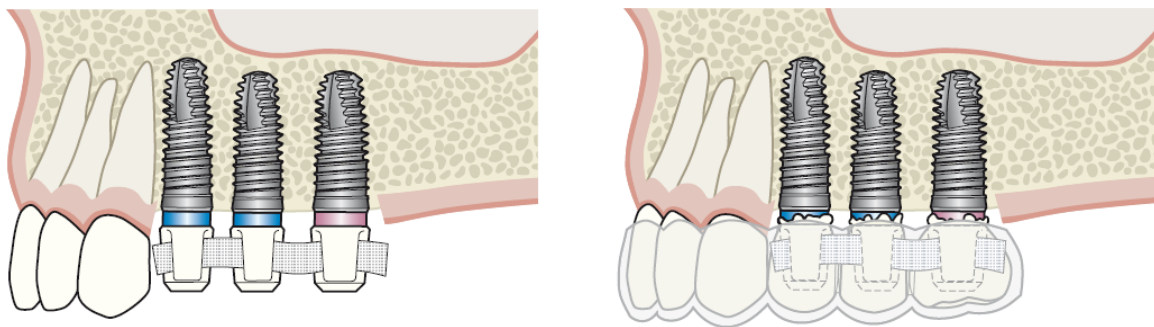
Um „chair-side“-Provisorien für Patienten zu erstellen, wurde eine im Labor über einem diagnostischen Wax-Up hergestellte Tiefziehschiene verwendet. Die Tiefziehschiene wurde mit lighthärtendem Kunststoff (Luxatemp, DMG, Hamburg, Deutschland) aufgefüllt, über den FRIADENT® TempBase Caps positioniert und mit Licht ausgehärtet (siehe Abbildungen 12 und 13). Anschließend erfolgte die Ausarbeitung am Behandlungsstuhl unter Kontrolle und Korrektur der Okklusion in Statik und Dynamik. Voraussetzung war dabei ein die Implantate miteinander verblockendes Provisorium, welches eine gleichmäßige, axiale Okklusion mit möglichst planen Kauflächen aufweisen musste. Die

## Material und Methoden

Befestigung erfolgte mit einem provisorischen Zement (TempBond, Kerr GmbH, Rastatt, Deutschland).



**Abbildung 12:** Befestigung des FRIADENT® TempBase Caps auf dem FRIADENT TempBase mit anschließender Anpassung der Tiefziehschiene zur Herstellung der Provisorien (Dentsply Implants 2014c)



**Abbildung 13:** Fixierung der FRIADENT® TempBase Caps mit lichthärtendem Kunststoff durch ein Band (optional) und Herstellung des Provisoriums mittels Tiefziehschiene (Dentsply Implants 2014c)

Um Überbelastungen der einzelnen Implantate während der Osseointegration zu vermeiden, wurden diese durch die Provisorien miteinander verblockt und im Anschluss die Okklusion überprüft.

Während der Implantateinheilung erfolgten ggf. weitere Anpassungen und Korrekturen der Provisorien. Da das FRIADENT® TempBase hierbei nicht ausgetauscht wurde, konnten ungünstige Scherkräfte an den Implantaten während der Osseointegration vermieden werden.

### 2.3.4 Das Sofortversorgungsprotokoll

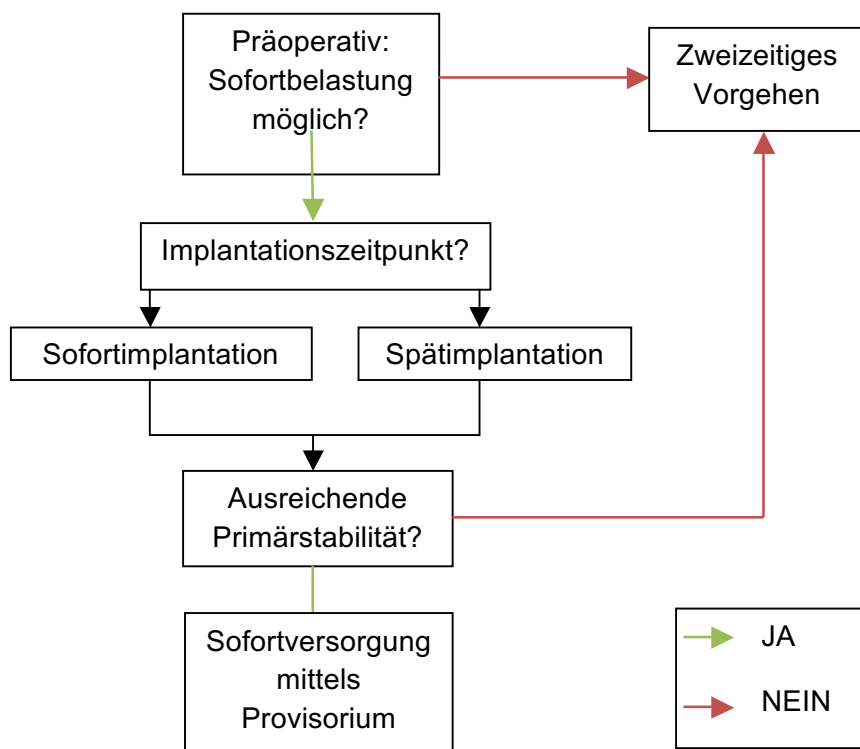
Nach Erhebung der allgemeinen und speziellen Anamnese erfolgte die erste Triage von Patienten, die sich für eine Sofortversorgung eigneten. Die Kriterien wurden nach *Romanos* definiert (Romanos 2004):

- In allen Dimensionen ausreichendes Knochenvolumen für eine ausreichende Primärstabilität.
- Die Knochenbeschaffenheit sollte ebenfalls ausreichende Primärstabilität gewährleisten und zwischen D1- und D3-Knochen liegen.
- Die Dichteklasse D4 ist bei belastungsfähiger Kortikalis für eine Sofortversorgung nur mit Einschränkung geeignet.

Im Anschluss an die eingehende Untersuchung wurde der Implantationszeitpunkt festgelegt. Wenn ursprünglich eine Sofortimplantation geplant, intraoperativ aber zu geringe Primärstabilität (Drehmoment  $< 25$  N/cm) festgestellt wurde, wurde ein zweizeitiges Verfahren gewählt.

In dieser Studie war in allen Fällen (sowohl bei den Sofortimplantaten als auch bei den Spätimplantaten) ein ausreichendes Drehmoment während der Implantatinserion und somit die vorausgesetzte Primärstabilität vorhanden.

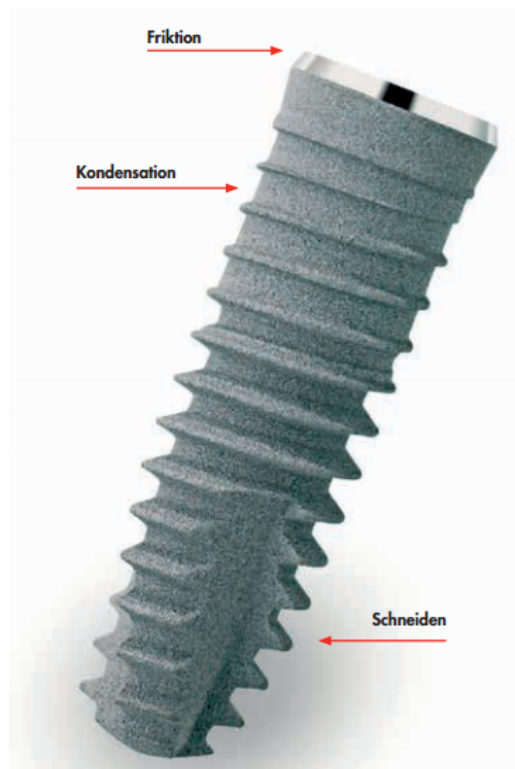
Die Sofortversorgung der Implantate erfolgte ausnahmelos mit „chair-side“-Provisorien.



**Abbildung 14:** Grafische Darstellung des Sofortversorgungsprotokolls nach *Romanos* (Romanos 2004)

### 2.4 Das XiVE®-Implantatsystem

In der von uns durchgeführten retrospektiven Analyse wurden ausschließlich XiVE®-Implantate der Firma Dentsply Friadent/Mannheim verwendet.



**Abbildung 15:** Das XiVE®-Implantat (Dentsply Implants 2014e)

Das Implantatdesign ist eine Zylinderschraube. Krestal hat das Implantat einen erweiterten zylindrischen Implantatkern mit kondensierendem Gewindeanteil, der apikal in ein selbstschneidendes Gewinde mit ansteigender Gewindetiefe übergeht. Das Gewinde hat von krestal nach apikal eine konstante Steigung um 0,85 mm. Die Gewindetiefe beginnt bei 0,18 mm und endet bei 0,5 mm. Der Außendurchmesser des Implantates bleibt dabei konstant, nur die Implantatspitze ist konisch zulaufend und abgerundet. Am Implantatthals ist der Außendurchmesser um 0,35 mm erhöht, dies führt zu einer periimplantären Abdichtung des Spaltes vom Gewindeschnitt und zur Retentionsgewinnung durch Friktion. Durch den verbreiterten Implantatthals im Vergleich zum TempBase-Aufbau und zu den weiteren prothetisch rekonstruktiven Aufbauten kommt es zum sogenannten „platform-switching“.

Das Implantat ist in fünf verschiedenen Durchmessern (3 mm, 3,4 mm, 3,8 mm, 4,5 mm, 5,5 mm) und sechs unterschiedlichen Längen (8 mm, 9,5 mm, 11 mm, 13 mm, 15 mm, 18 mm) erhältlich.

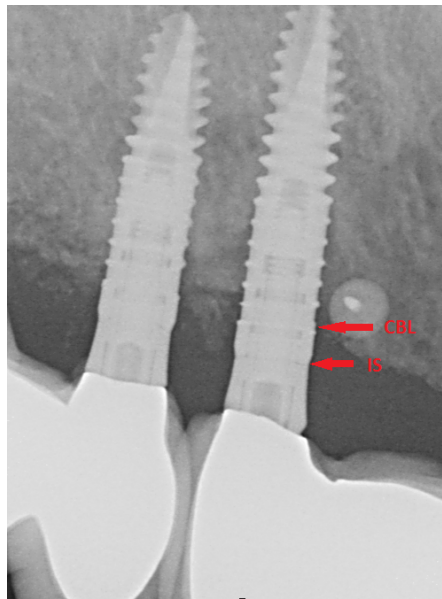
Die XiVE®-Implantate besitzen eine trimodale Oberfläche: einen strukturpolierten Implantatthals für die Weichgewebsanlagerung, den direkt anschließenden geätzten Bereich zur verbesserten Anlagerung des subepithelialen Bindegewebes und den enossalen Bereich mit der „FRIADENT® plus“-Oberfläche. Letztere ist korund-gestrahlt und hochtemperatur-säuregeätzt. Es ist durch Studien erwiesen, dass die „FRIADENT® plus“-Oberfläche den Osseointegrationsprozess positiv beeinflusst (Di Iorio et al. 2005;

Sammons et al. 2005). Der zervikale strukturpolierte Anteil ist 0,4 mm hoch und weist eine Rautiefe von 0,45  $\mu\text{m}$  auf, der geätzte Bereich hat einen Anteil von 1,1 mm und eine Rautiefe von 8,6  $\mu\text{m}$ . Der enossale Anteil ist abhängig von der Implantatlänge und hat eine Rautiefe von 16,3  $\mu\text{m}$ .

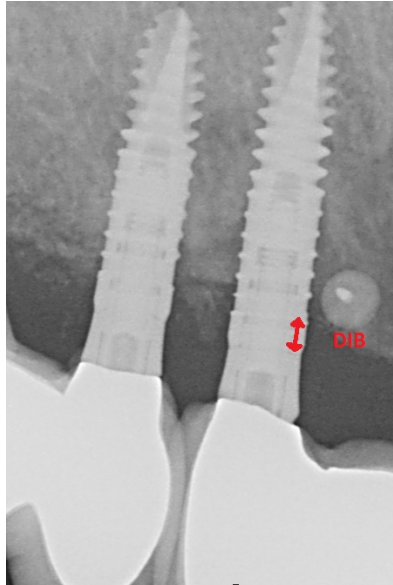
### 2.5 Auswertung der Daten

Röntgenologische Kontrollen wurden in der Regel mit Panoramaschichtaufnahmen und teilweise ergänzend mit Einzelzahaufnahmen postoperativ und während der Recalls durchgeführt. Für die retrospektive Analyse wurden alle Röntgenbilder jeweils von zwei Zahnärzten kalibriert, vermessen und ausgewertet. Beide Zahnärzte waren nicht in die Behandlungen involviert.

An jedem Implantat wurde das Knochenniveau sowohl an der mesialen als auch an der distalen Seite gemessen. Das marginale Knochenniveau im Röntgenbild wurde definiert über die Distanz der Implantatschulter (IS = implant shoulder) bis hin zum koronalsten Implantat-Knochen-Kontakt (CBL = crestal bone level). Die Strecke wird als DIB-Wert bezeichnet (DIB = distance implant shoulder bone contact) (Buser et al. 1990). Falls bukkale oder linguale Teile des Knochens an einer Stelle überlagert waren, wurde der Durchschnittswert gewählt.

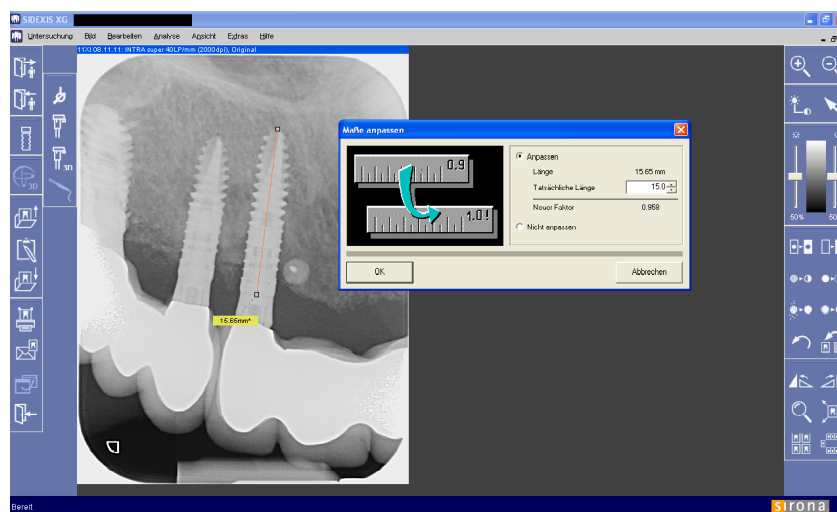


**Abbildung 16:** Die für die Messung des Knochenabbaus relevanten verwendeten Referenzpunkte im Zahnfilm (IS = implant shoulder; CBL = crestal bone level)



**Abbildung 17:** In der vorliegenden Studie verwendeter DIB-Wert (DIB = distance implant shoulder bone contact) im Zahnfilm

Im Jahr 2007 wurde die Röntgentechnik und auch die Auswertungsmethode in der Praxis von analog auf digital umgestellt. Die Röntgenaufnahmen wurden mit dem Orthophosphor-Panoramascicht-Röntgengerät (Siemens, Deutschland) angefertigt. Zur Kalibrierung und Vermessung der analogen Röntgenbilder wurde ein transparentes Millimeterlineal speziell für XiVE®-Implantate verwendet. Über die bekannte Länge des Implantates konnte ein individueller Maßstab ermittelt und mit anschließender Dreisatzrechnung das reale, krestale Knochenniveau mesial und distal bestimmt werden. Das Knochenniveau der digitalen Röntgenbilder wurde mit dem Computer vermessen. Die Auswertung erfolgte analog und digital in 0,5mm-Schritten. Da in der Praxis zwei Röntgengeräte vorhanden sind, wurden für die elektronische Vermessung zwei Programme benutzt: Sidexis XG (Sirona Dental Systems GmbH, Bensheim, Deutschland) und VixWin Pro (Gendex Dental Systems, Hatfield, USA). Beide Programme ermöglichten eine Kalibrierung der Röntgenbilder anhand der definierten Implantatlängen. Im Anschluss konnte das krestale Knochenniveau mesial und distal an den Implantaten bestimmt werden.



**Abbildung 18:** Kalibrierung der Röntgenbilder am Computer mit Sidexis XG (Screenshot)



Der DIB-Wert beschreibt im Laufe der Zeit die Knochenapposition und -resorption an den Implantaten. Als Referenzbild galt das postoperativ angefertigte Röntgenbild, das bei jedem Patienten direkt im Anschluss an die Implantation gemacht wurde. Die einzelnen Recall-Intervalle waren teils großen Schwankungen unterworfen, da sie in Abhängigkeit von den jeweiligen Patientenvoraussetzungen (z.B. Alter, Grunderkrankungen, Rauchverhalten, Entfernung der Praxis zum Wohnort) individuell festgelegt wurden. Um die radiologischen Ergebnisse vergleichbar zu machen, wurde in der statistischen Auswertung der Knochenabbau pro Tag berechnet.

### 2.6 Erfolgskriterien

In meiner Studie wurden die Erfolgskriterien für jedes einzelne Implantat nach der Pisa, Italy Consensus Conference 2007 definiert (Misch et al. 2008). *Misch et al.* teilen den Erfolg dentaler Implantate in vier Gruppen ein: eine für den Implantationserfolg, zwei für das Implantationsüberleben und eine für den Implantationsmisserfolg. Der Implantationserfolg setzt optimale Verhältnisse voraus („Success“), beim „Implantatüberleben“ liegen kompromittierende Faktoren vor: In der einen Gruppe bedürfen die Implantate keiner Therapie, um einen Implantatverlust zu vermeiden („Satisfactory survival“), in der anderen schon („Compromised survival“). Die letzte Gruppe beschreibt den Implantmisserfolg („Failure“).

Implant Quality Scale Group	Clinical Conditions
I. Success (optimum health)	a) No pain or tenderness upon function b) 0 mobility c) <2 mm radiographic bone loss from initial surgery d) No exudates history
II. Satisfactory survival	a) No pain on function b) 0 mobility c) 2-4 mm radiographic bone loss d) No exudates history
III. Compromised survival	a) May have sensitivity on function b) No mobility c) Radiographic bone loss > 4 mm (less than ½ of implant body) d) Probing depth > 7 mm e) May have exudates history
IV. Failure (clinical or absolute failure)	Any of following: a) Pain of function b) Mobility c) Radiographic bone loss > 1/2 length of implant d) Uncontrolled exudates e) No longer in mouth

**Tabelle 4:** Darstellung der Implantat-Erfolgskriterien nach *Misch et al.* (Misch et al. 2008)

*Misch et al.* diskutierten in ihrer Studie den Begriff „Implantationserfolg“. Sie gaben an, dass mit dem Implantaterfolg auch immer der zeitliche Faktor mit berücksichtigt werden sollte. Abhängig vom Beobachtungszeitraum der untersuchten Implantate sollte man zwischen „early implant success“ (1-3 Jahre), „intermediate implant success“ (3-7 Jahre) und „long-term success“ (> 7 Jahre) unterscheiden (Misch et al. 2008).

### 2.7 Statistik

Die relevanten Daten der Patienten wurden aus der digitalen Patientendokumentationssoftware „impDAT“ (Kea Software GmbH, Pöcking, Deutschland) gewonnen und zusammen mit den Ergebnissen der röntgenlogischen Vermessungen anonymisiert in eine Microsoft Excel-Tabelle (Microsoft Office Excel 2007; Microsoft, Unterschleißheim, Deutschland) übertragen. Im Anschluss erfolgten eine deskriptive Statistik sowie eine mathematische Statistik mit dem Programm „IBM SPSS Statistics 22“ (IBM, Ehningen, Deutschland). Die Verweildaueranalysen nach *Kaplan-Meier* (Kaplan und Meier 1958) und die statistischen Signifikanztests wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie und Epidemiologie des Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (Institutsdirektor: Prof. Dr. rer. pol. Karl Wegschneider) erstellt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Patientenkollektiv

##### 3.1.1 Untersuchungszeitraum und Patientenanzahl

Von Oktober 2003 bis April 2010 konnten insgesamt 24 Patienten eingeschlossen werden.

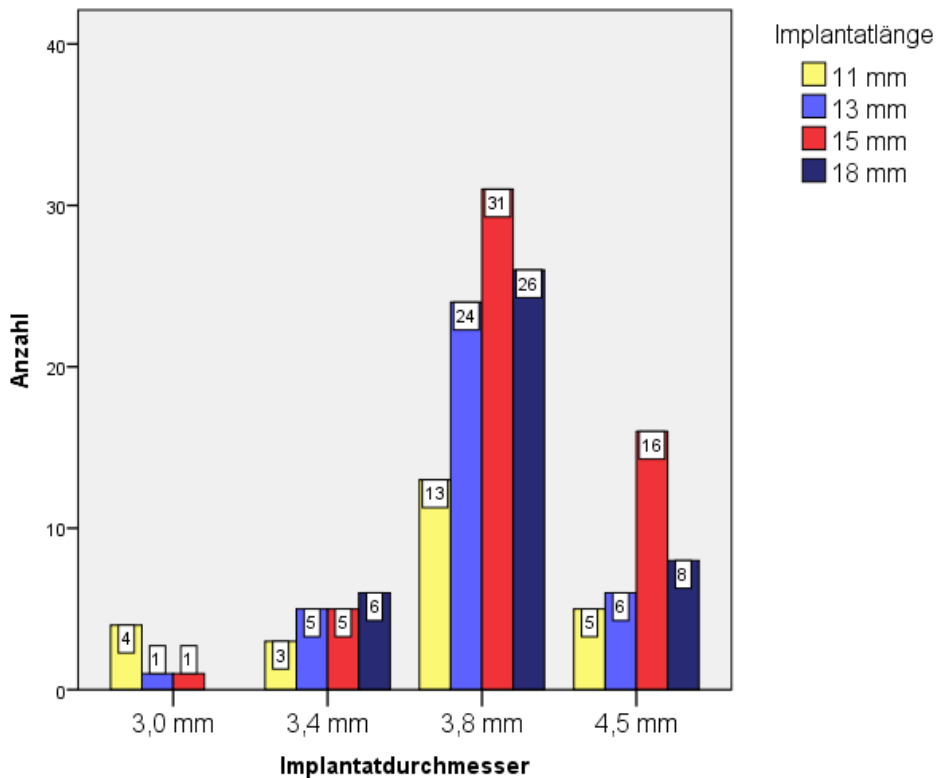
##### 3.1.2 Geschlechter- und Altersverteilung

Die Daten von insgesamt 11 Männern (45,8 %) und 13 Frauen (54,2 %) konnten ausgewertet werden, wobei das durchschnittliche Alter 69,54 Jahre (Minimum: 53 Jahre; Maximum: 89 Jahre) betrug.

#### Deskriptive Statistik

##### 3.2 Auswertung der Implantat-bezogenen Daten

Insgesamt wurden die Daten von 154 versorgten Implantaten ausgewertet. Mit Abstand am häufigsten wurde das Implantat mit einem Durchmesser von 3,8 mm inseriert (61 %) – in allen Implantatlängen.

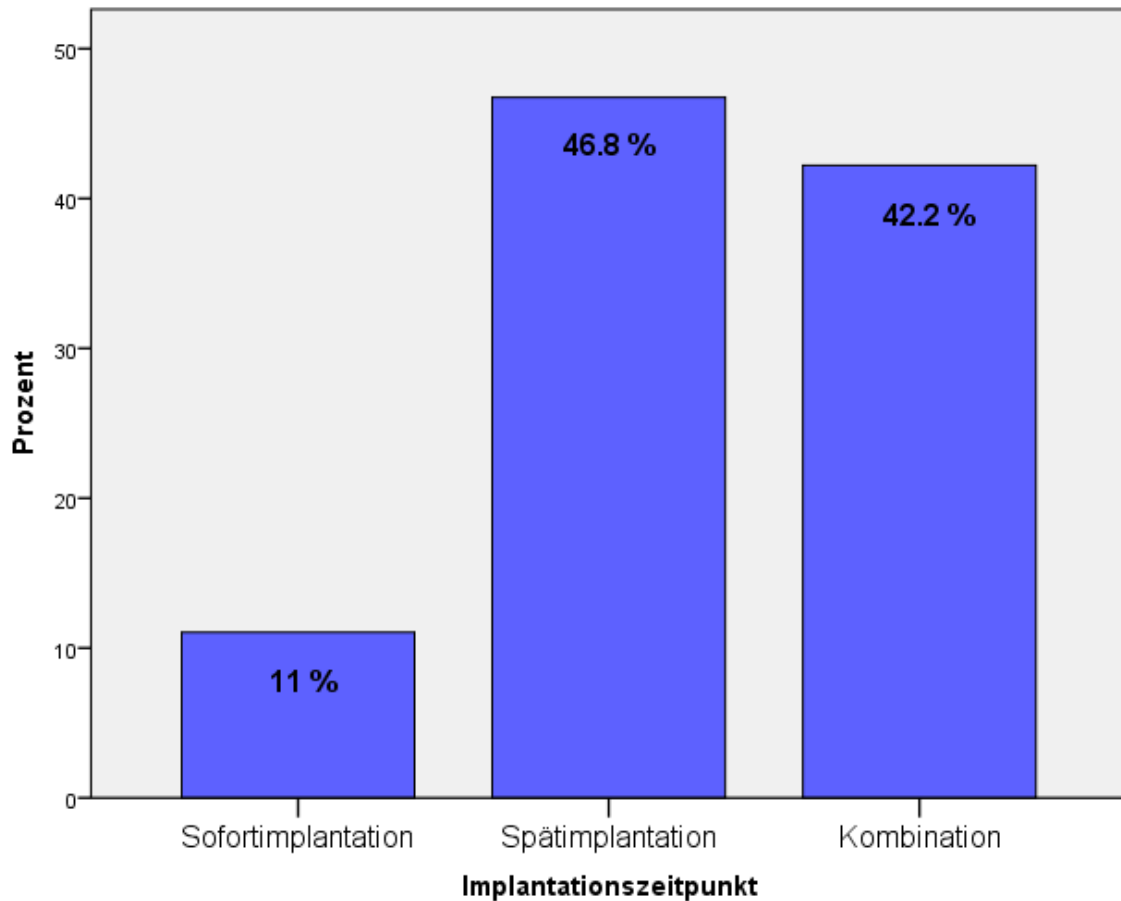


**Diagramm 1:** Darstellung der Verteilung der Implantatdurchmesser und -längen als Balkendiagramm

### 3.3 Implantationszeitpunkt

In der Studie wurden sowohl Sofort- als auch Spätimplantationen untersucht. Der Anteil an Spätimplantaten war mit 70,8 % (n = 109) mehr als doppelt so groß wie der an Sofortimplantaten mit 29,2 % (n = 45).

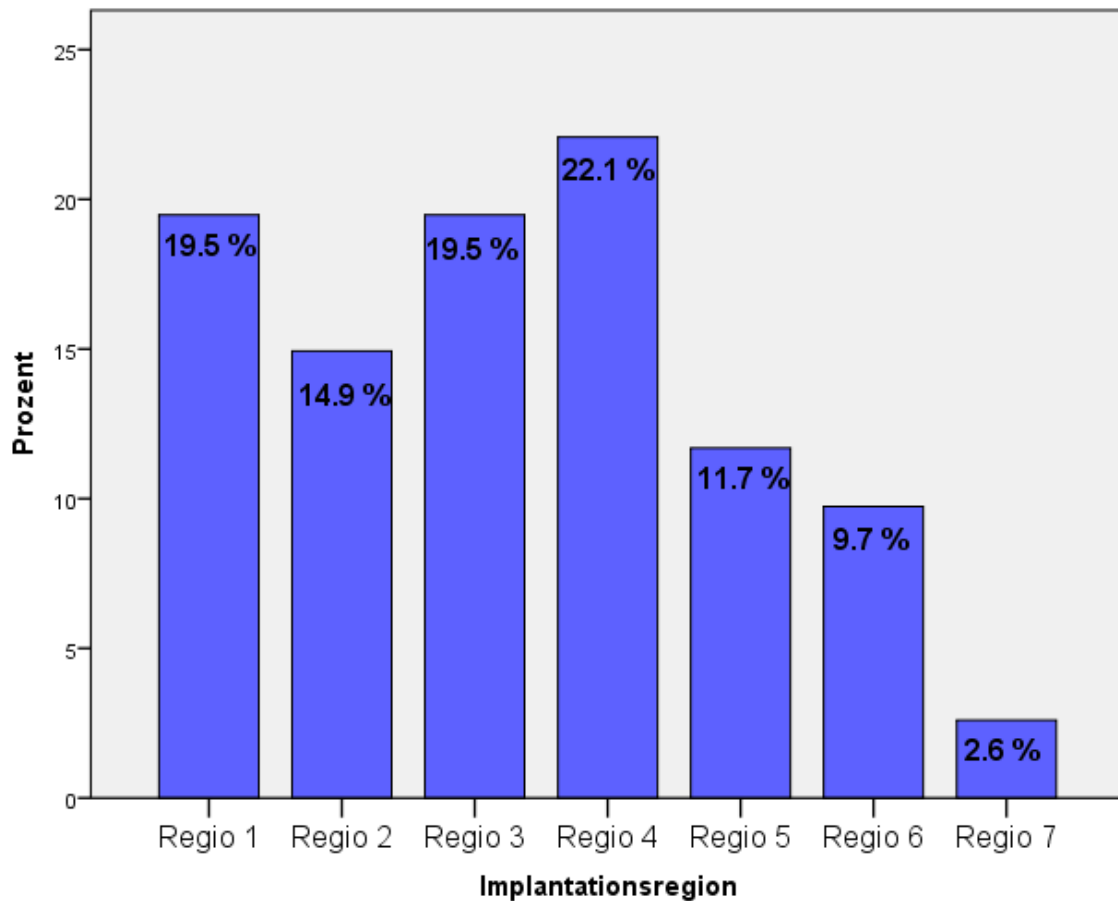
Bei 42,2 % der Implantate wurden Sofort- und Spätimplantate kombiniert gesetzt, wohingegen 11 % der Implantate nur als Sofortimplantate und 46,8 % nur als Spätimplantate gesetzt wurden.



**Diagramm 2:** Darstellung der Implantationszeitpunkte als Balkendiagramm

### 3.4 Implantationsregion

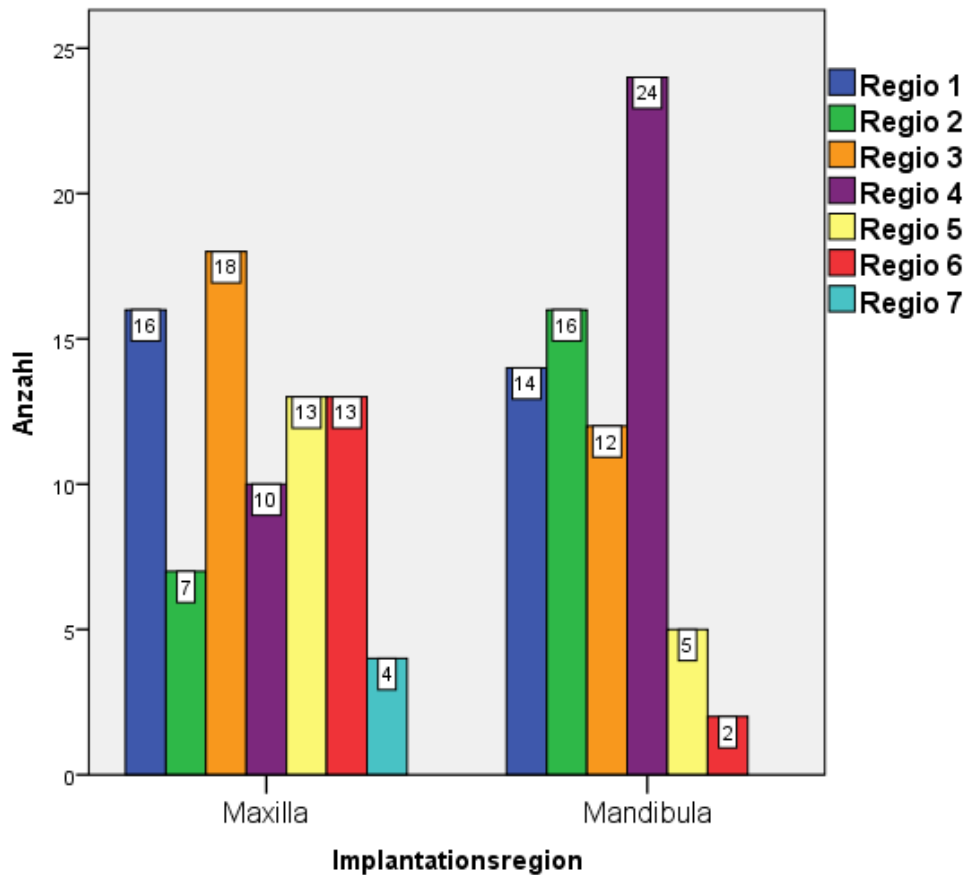
81 Implantate (52,6 %) wurden in die Maxilla und 73 Implantate (47,4 %) in die Mandibula inseriert. In Regio 4 wurde am häufigsten implantiert (22,1 %), dicht gefolgt von der Front- und Eckzahnregion (14,9-19,5 %). Deutlich weniger Implantate wurden in die posteriore Region inseriert. Je weiter distal, desto weniger Implantate (in regio 7 nur 9,7 %) wurden eingesetzt.



**Diagramm 3:** Darstellung der Implantationsregion als Balkendiagramm

## Ergebnisse

Im Oberkiefer wurde in der Eckzahnregion am häufigsten implantiert (18 Implantate) und im Unterkiefer in der Region des ersten Prämolaren (24 Implantate). Im Unterkiefer erfolgten Implantationen insgesamt am häufigsten in der regio interforaminalis, in der regio 6 wurden nur zwei Implantate inseriert und in regio 7 keins. Im Oberkiefer ist die Implantanzahl in regio 1 (16 Implantate) und regio 3 (18 Implantate) am höchsten und in der regio 7 am niedrigsten (4 Implantate).



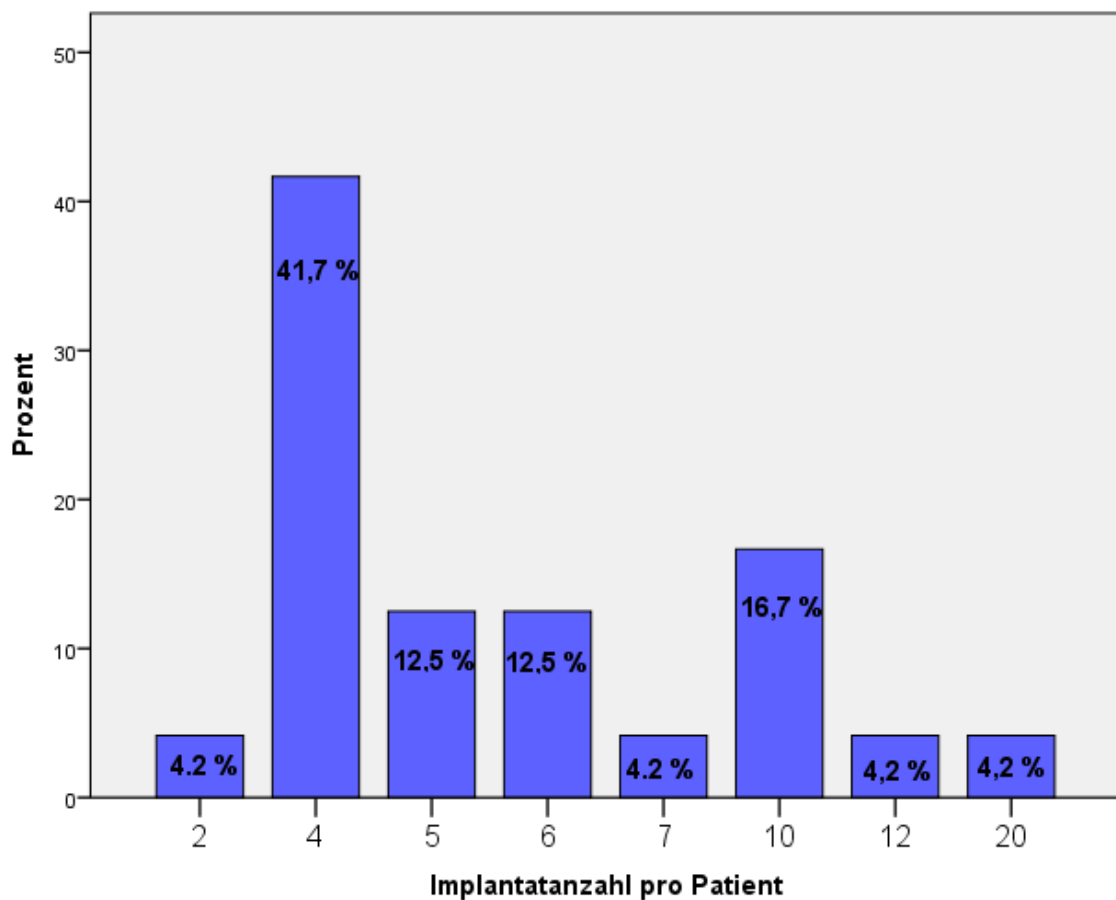
**Diagramm 4:** Darstellung der Implantanzahl pro Implantationsregion als Balkendiagramm

## Ergebnisse

Implantatanzahl	Implantatregion (Reg.)							Gesamtsumme
	Reg.1	Reg.2	Reg.3	Reg.4	Reg.5	Reg.6	Reg.7	
Maxilla	16	7	18	10	13	13	4	81
Mandibula	14	16	12	24	5	2	0	73
Gesamt	30	23	30	34	18	15	4	154

**Tabelle 5:** Darstellung der Implantatanzahl pro Implantationsregion

Am häufigsten wurden vier Implantate pro Patient inseriert (n = 10, 41,7 %). Deutlich weniger implantierte man fünf, sechs oder zehn Implantate pro Patient (12,5-16,7 %).

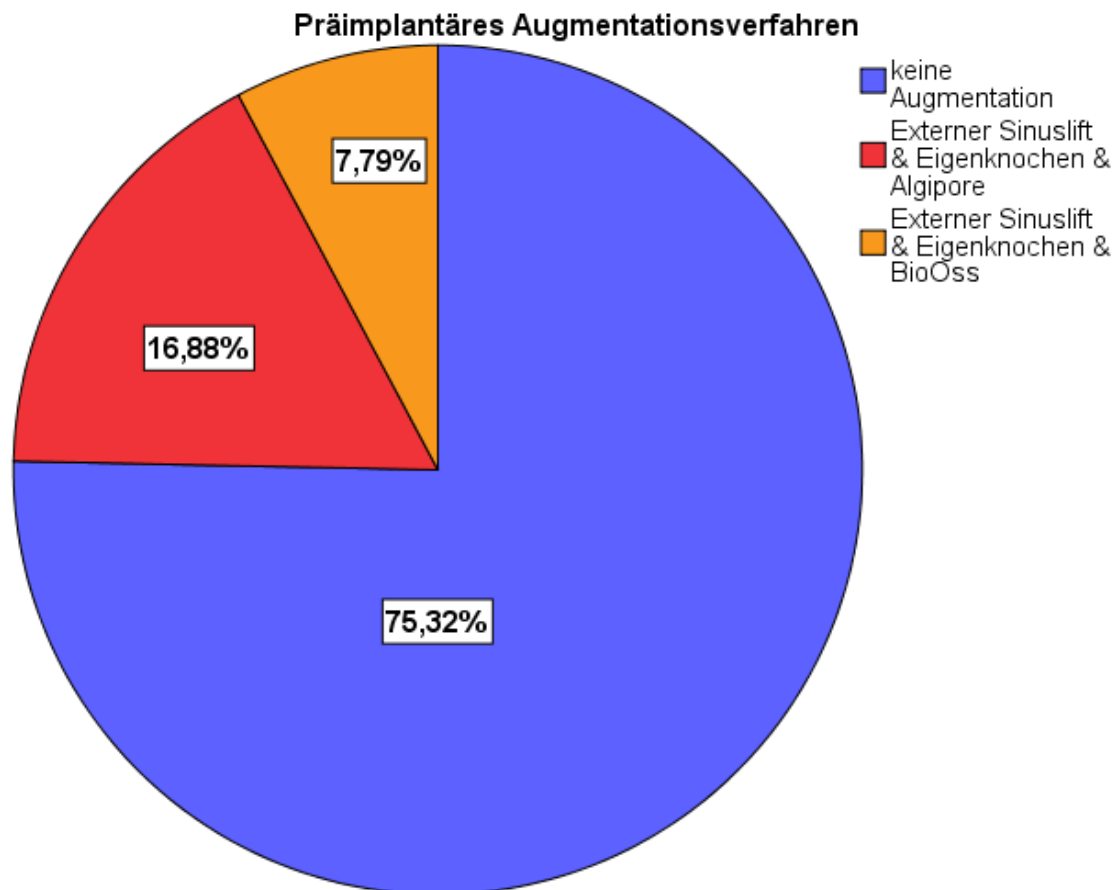


**Diagramm 5:** Darstellung der Implantatanzahl pro Patient als Balkendiagramm

### 3.5 Augmentation

#### 3.5.1 Präimplantologische Augmentation

Bei 38 von 154 Implantaten wurde vor der Implantation eine Augmentation durchgeführt (24,7 %). Das Augmentationsverfahren belief sich dabei auf eine externe Sinusbodenelevation mit Eigenknochen und Knochenersatzmaterial. Als Ersatzmaterial wurde in 31,6 % der Fälle Geistlich Bio-Oss® und bei 68,4 % Alqipore® verwendet.

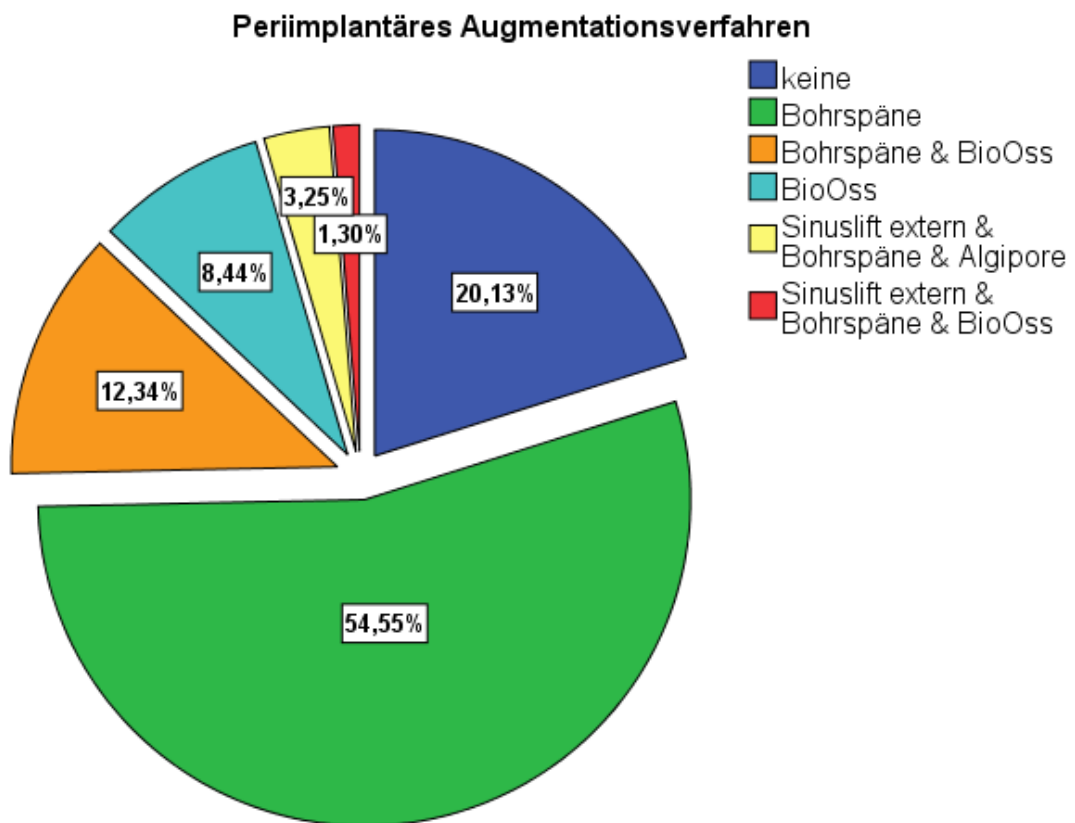


**Diagramm 6:** Darstellung des präimplantären Augmentationsverfahrens als Tortendiagramm



### 3.5.2 Periimplantologische Augmentation

Bei 123 Implantaten wurde während der Implantation Knochen- oder Knochenersatzmaterial angelagert. Am häufigsten wurden bei der Implantatbettbohrung gewonnene Bohrspäne (54,5 %) verwendet. Am zweithäufigsten erfolgten Augmentationen mit einer Kombination aus Bohrspänen und Knochenersatzmaterial (KEM, 15,5 %), am dritthäufigsten mit KEM (8,4 %). Ein externer Sinuslift mit Bohrspänen und KEM wurde während der Implantation in 4,5 % der Fälle durchgeführt.



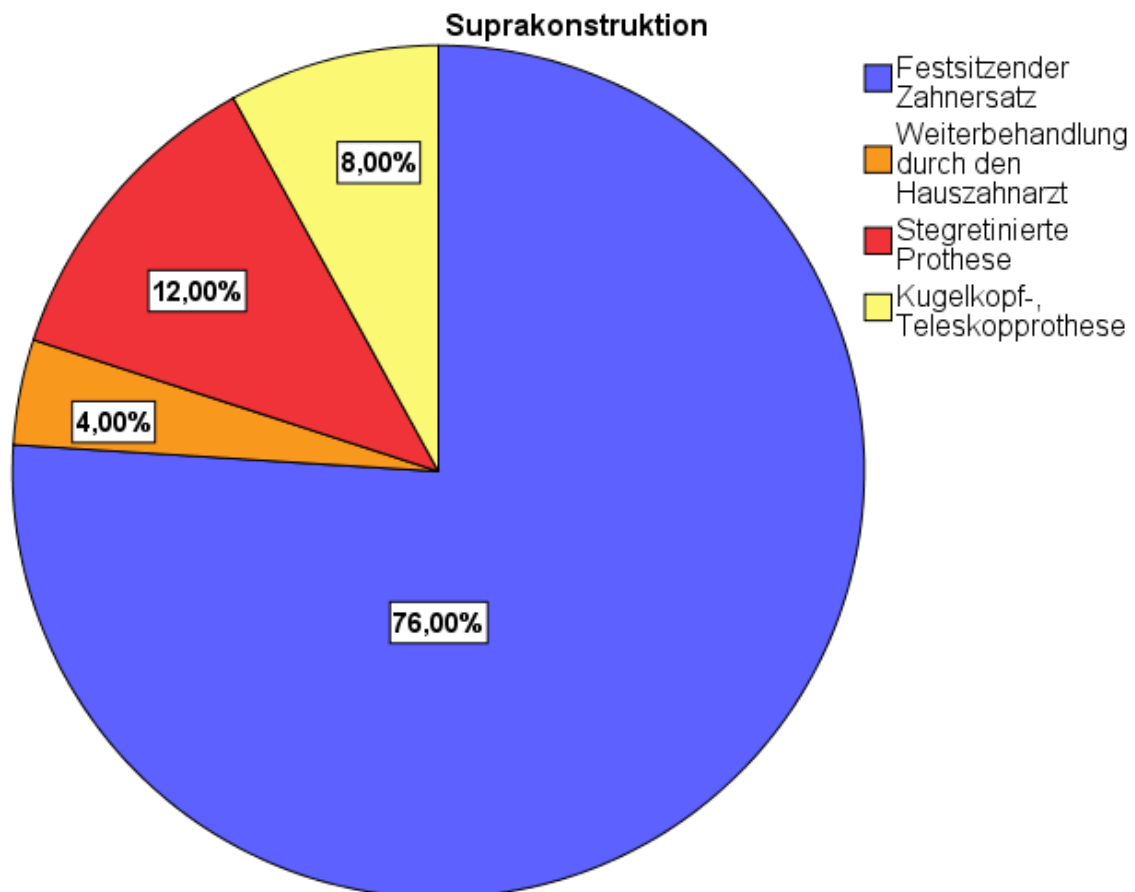
**Diagramm 7:** Darstellung des periimplantären Augmentationsverfahrens als Kuchendiagramm

### 3.6 Prothetische Versorgung

#### 3.6.1 Definitive prothetische Versorgung

Alle Implantate wurden direkt nach der Operation mit festsitzenden „chair-side“-Provisorien aus Kunststoff versorgt, die ohne Ausnahme die zusammenhängend zu versorgenden Implantate (z.B. spätere Brückenversorgung) schon bei der Sofortversorgung miteinander verblockten.

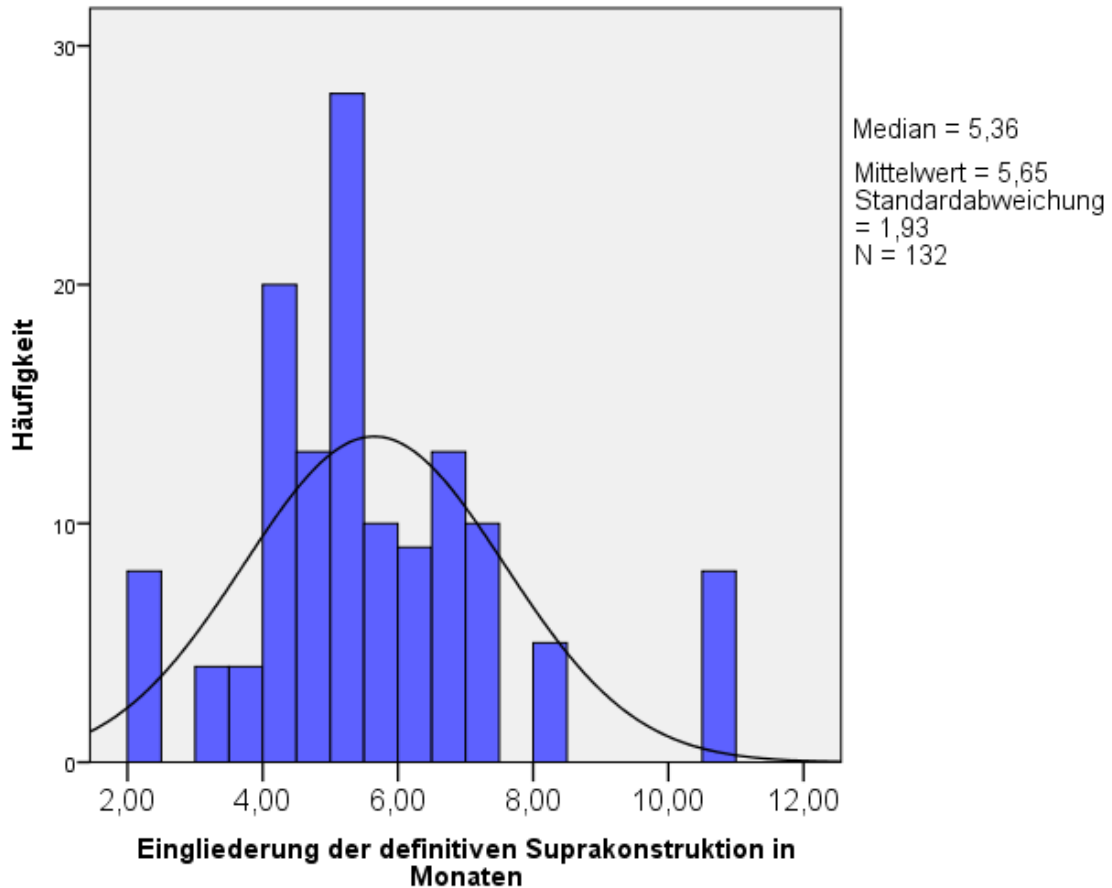
Die definitive prothetische Versorgung der Implantate erfolgte in 76 % der Fälle mit festsitzendem und in 24 % der Fälle mit herausnehmbarem Zahnersatz. Drei Patienten wurden im Unterkiefer mit einem Steg versorgt (12 %) und zwei Patienten mit Teleskoparbeiten beziehungsweise Kugelkopfantern (8 %). Im Oberkiefer wurde nur festsitzende Prothetik geplant und eingegliedert.



**Diagramm 8:** Darstellung der verschiedenen Suprakonstruktionen als Tortendiagramm

### 3.6.2 Zeitpunkt der definitiven prothetischen Versorgung

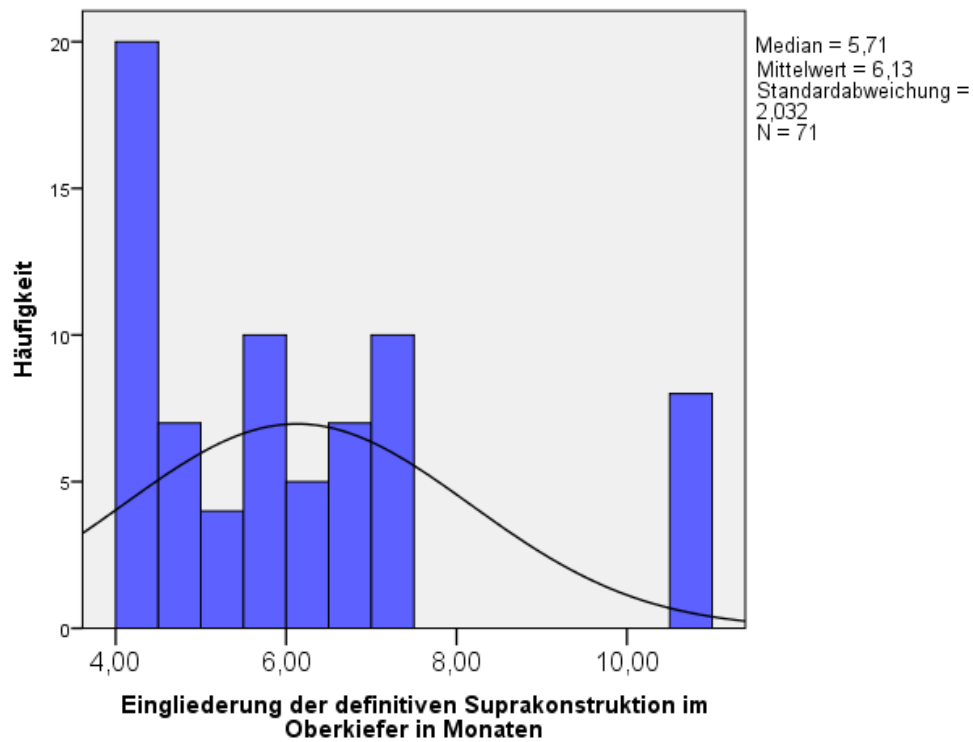
Von 154 Implantaten wurden 132 Implantate definitiv prothetisch in der Praxis Dr. Gerlach/Dr. Kornmann versorgt. 22 Implantate wurden von den entsprechenden Hauszahnärzten prothetisch versorgt. Aus diesem Grund liegt bei diesen Patienten kein dokumentiertes Eingliederungsdatum der Suprakonstruktion vor. Die endgültige Versorgung (n = 132) erfolgte im Median nach 5,36 Monaten (2,14 bis 10,93 Monate).



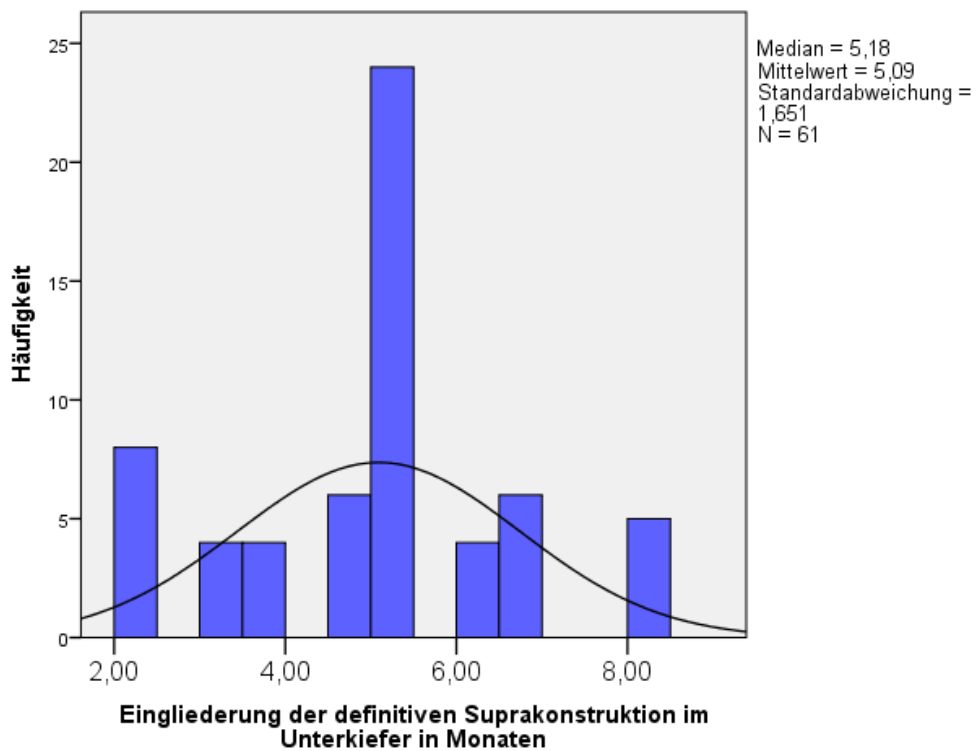
**Diagramm 9:** Darstellung der Eingliederung der definitiven Suprakonstruktion als Histogramm

Unterscheidet man bei den Daten die mandibulär von den maxillär inserierten Implantaten, so erfolgt im Median die definitive prothetische Versorgung der Implantate im Oberkiefer (n = 71) zeitlich etwas später als im Unterkiefer. Nach 5,71 Monaten (siehe Diagramm 10) erfolgt die definitive Eingliederung der Prothetik im Oberkiefer und nach 5,18 Monaten im Unterkiefer (n = 61) (siehe Diagramm 11).

## Ergebnisse



**Diagramm 10:** Darstellung der definitiven Eingliederung der Suprakonstruktion im Oberkiefer als Histogramm



**Diagramm 11:** Darstellung der definitiven Eingliederung der Suprakonstruktion im Unterkiefer als Histogramm

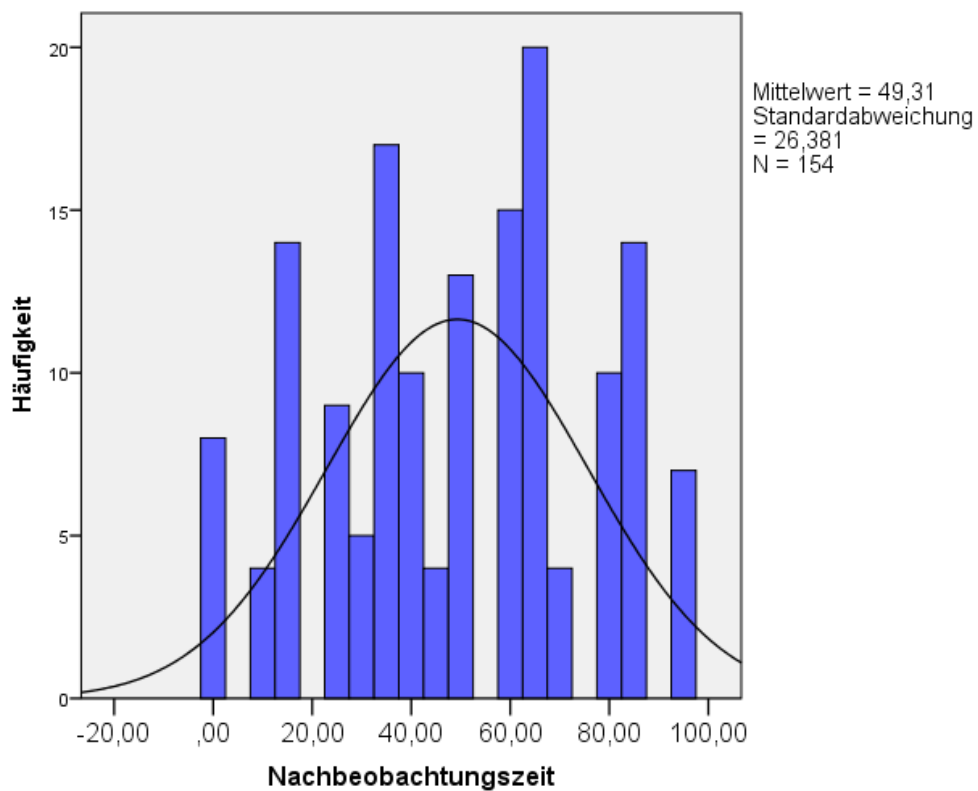
### Analytische Statistik

#### 3.7 Analyse des Knochenniveaus

Die Ermittlung des Knochenniveaus erfolgte anhand des DIB-Wertes der postoperativen Röntgenbilder als Referenzaufnahme und den folgenden Röntgenbildern in der Recall-Phase.

##### 3.7.1 Nachbeobachtungszeitraum

Die durchschnittliche Nachbeobachtungszeit der 154 inserierten Implantate lag bei 49,31 Monaten. Die minimale Nachbeobachtungszeit betrug einen Monat, die maximale 96 Monate.



**Diagramm 12:** Darstellung der Nachbeobachtungszeit der Implantate in Monaten als Histogramm

### 3.7.2 Das horizontale Knochenniveau der gesamten Kohorte

Diagramm 13 vergleicht die deskriptive Analyse des horizontalen Knochenniveaus am Tag der Implantatinserterion mit dem horizontalen Knochenniveau zum letzten Recall-Termin. Dabei wird jeweils das Knochenniveau der mesialen beziehungsweise distalen Implantatschulter und der gemittelte Wert aus mesialem und distalem Knochenniveau dargestellt. Der Median liegt durchgängig bei 0 mm.

Im Mittel liegt das horizontale Knochenniveau mesial nach Implantatinserterion bei +0,19 mm und nach dem letzten Recall bei -0,2 mm. Distal ist es ähnlich mit +0,1 mm nach Implantatinserterion und -0,19 mm nach dem letzten Recall. Bei Betrachtung des Mittelwertes liegt nach Implantatinserterion der Wert durchschnittlich bei +0,15 mm und nach dem letzten Recall bei -0,19 mm.

Sowohl für dieses als auch für alle folgenden Diagramme gilt: Die Symbole (o) und (\*) zeigen sogenannte „Ausreißer“ an. Es wurden drei Bezugslinien gewählt. Zum einen die „0-mm“-Linie, um zu veranschaulichen wo sich die Baseline des Knochenniveaus befindet, zum anderen die „-2-mm“- und „-4-mm“-Bezugslinien, die die Implantate in die von Misch definierte Erfolgsskala einordnen.

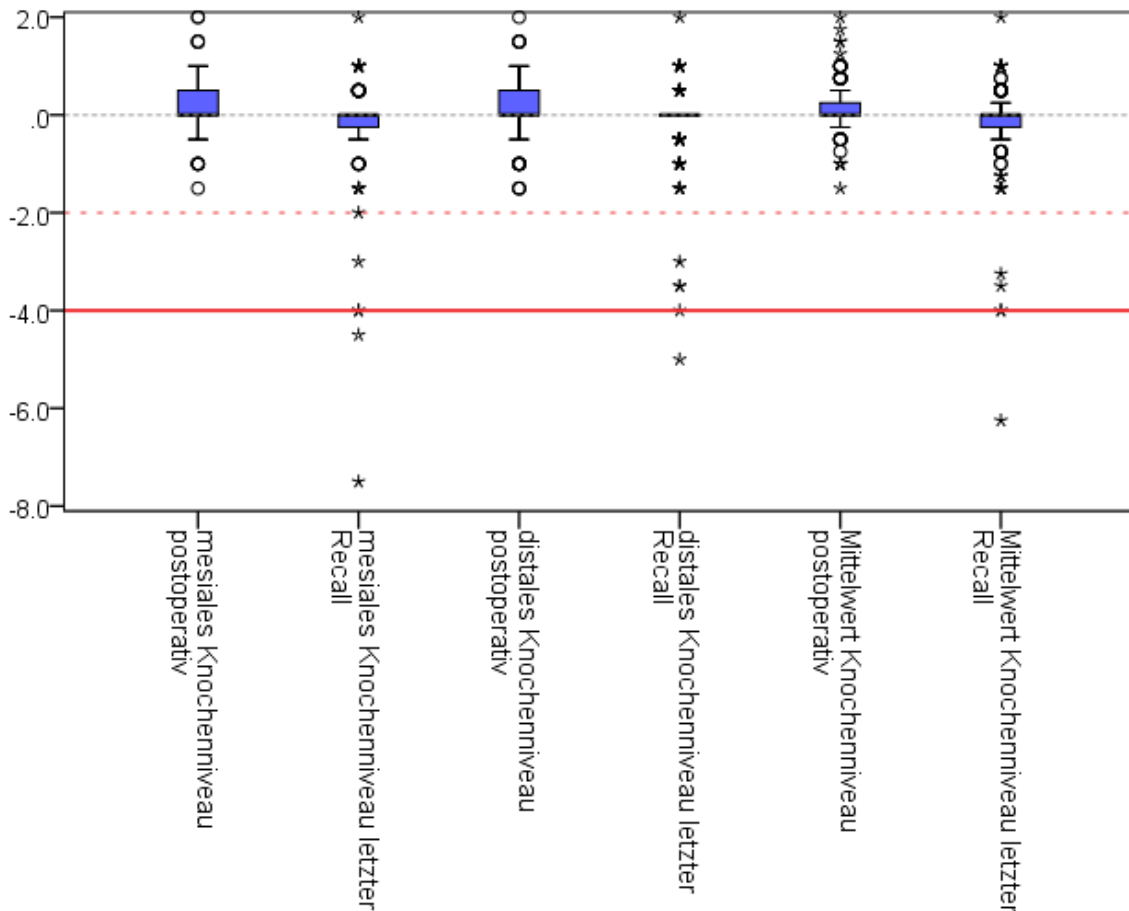
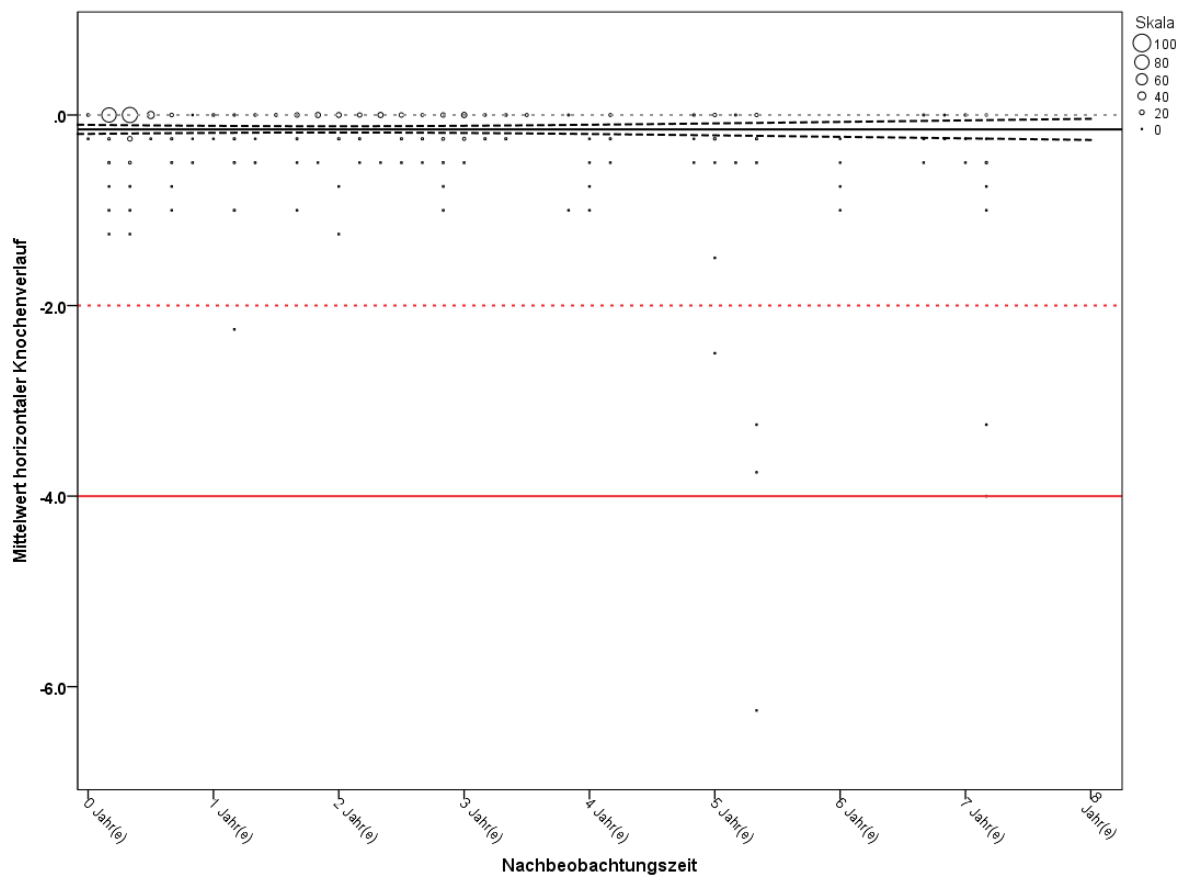


Diagramm 13: Darstellung des horizontalen Knochenniveaus im Vergleich als Box-Plot

## Ergebnisse

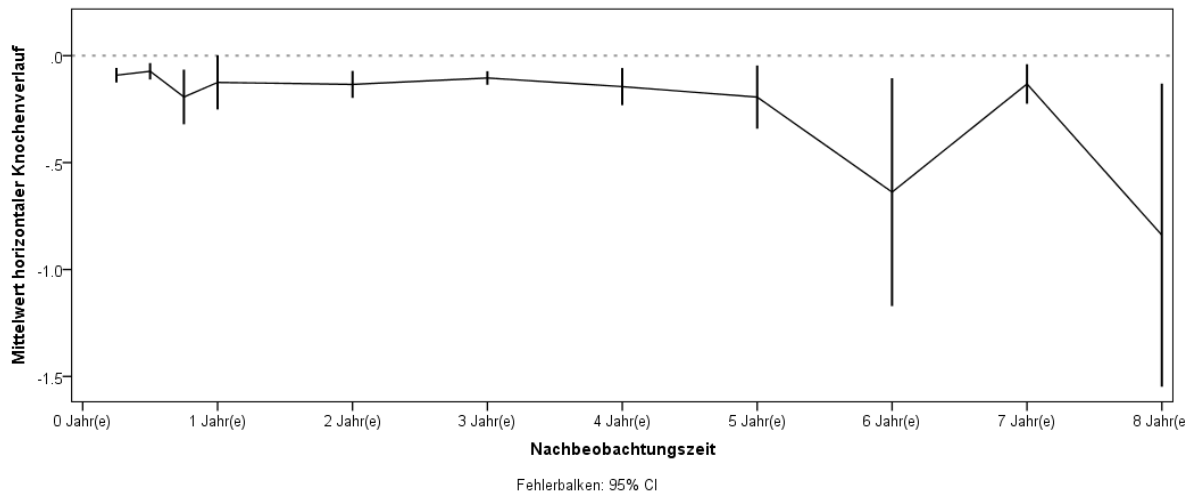
Diagramm 14 zeigt die Messwerte des horizontalen Knochenniveaus im Verlauf der Nachbeobachtungszeit. Je größer die Kreise, desto mehr Messwerte existierten an dem jeweiligen Zeitpunkt und umgekehrt. Die Regressionskurve ( $y = 0,15$ ) verläuft nahezu parallel zur „0-mm“-Bezugslinie und zeigt so im Durchschnitt einen minimalen Knochenverlust der Implantate über einen Zeitraum von acht Jahren. In diesem Diagramm sind ebenfalls die festgelegten Bezugslinien („0 mm“, „-2 mm“ und „-4 mm“) zu erkennen.



**Diagramm 14:** Darstellung des horizontalen Knochenniveaus der XiVE®-Implantate im Verlauf der Nachbeobachtungszeit als Streudiagramm mit Regressionskurve

## Ergebnisse

Diagramm 15 stellt den durchschnittlichen Verlauf des horizontalen Knochenlevels in der Nachbeobachtungszeit der gesamten Kohorte dar. Es zeigen sich Schwankungen in der Graphik innerhalb des ersten Jahres nach Implantation und zum sechsten beziehungsweise achten Jahr.



**Diagramm 15:** Darstellung des horizontalen Knochenverlaufs der XiVE®-Implantate im Verlauf der Nachbeobachtungszeit

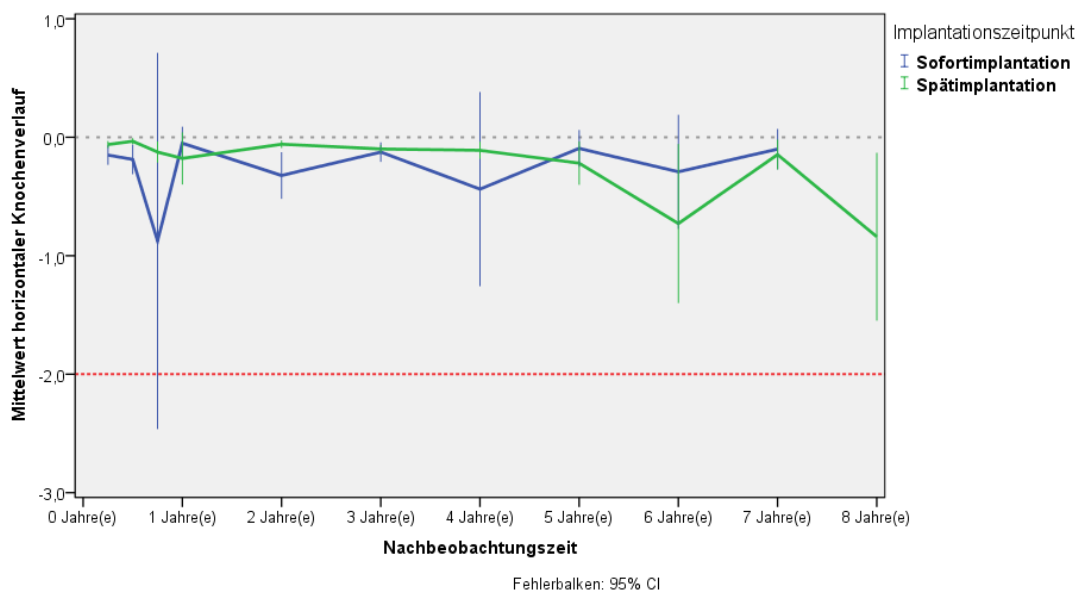


### 3.7.2.1 Das horizontale Knochenniveau in Abhängigkeit vom Implantationszeitpunkt

Diagramm 16 differenziert den horizontalen Knochenverlauf der Nachbeobachtungszeit nach dem Implantationszeitpunkt. Die Sofortimplantate zeigen im Vergleich zu den Spätimplantaten größere Schwankungen des Knochenniveaus – vor allem innerhalb des ersten Jahres nach Implantation.

Der Knochenverlauf der Spätimplantate ist bis zum sechsten beziehungsweise achten Jahr nach Implantation relativ konstant, zieht an den genannten Zeitpunkten aber stärker in den negativen Bereich. Dieser Abfall ist auf die durch Periimplantitis verloren gegangenen Implantate zurückzuführen.

Die Graphik stellt das 95 %-Konfidenzintervall des Mittelwerts dar.



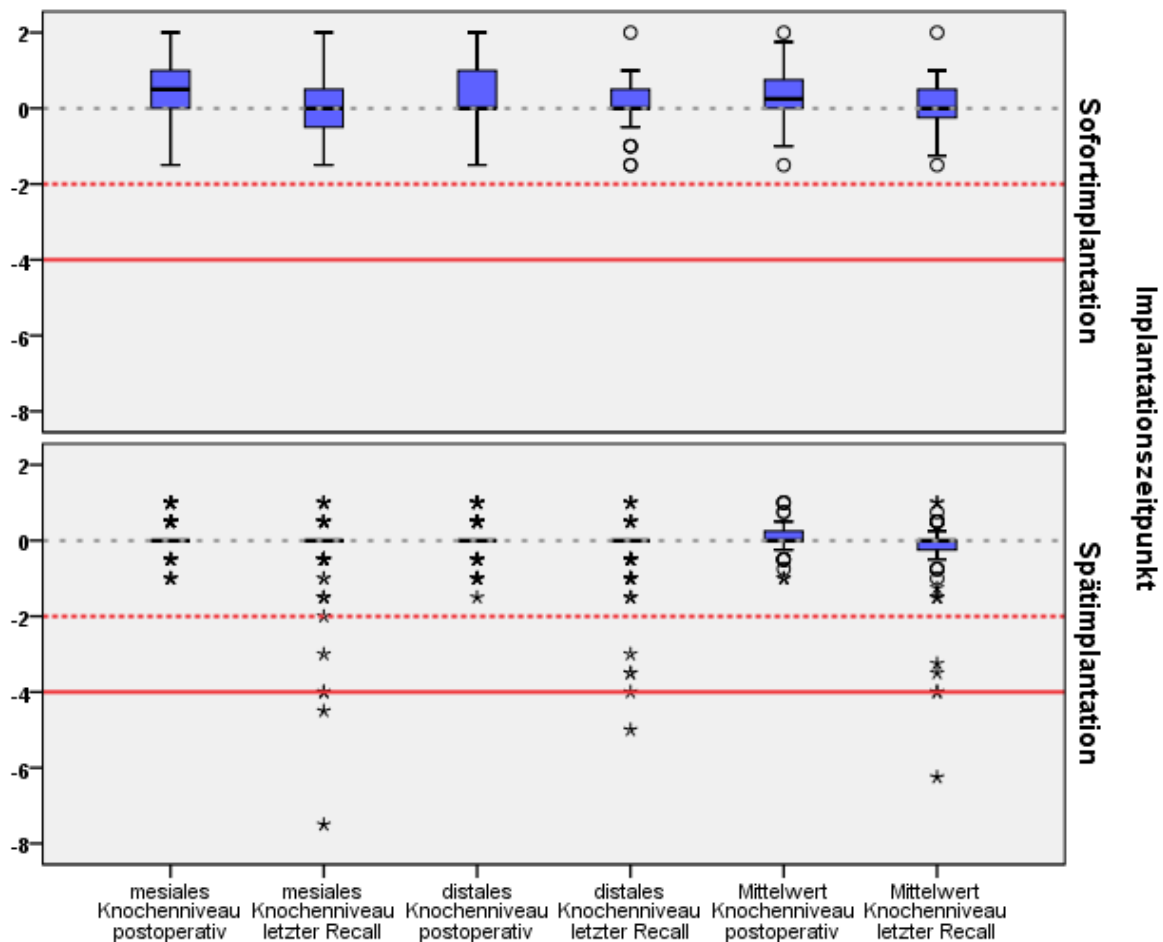
**Diagramm 16:** Darstellung des horizontalen Knochenverlaufs der XiVE®-Implantate differenziert nach dem Implantationszeitpunkt im Verlauf der Nachbeobachtungszeit

## Ergebnisse

Betrachtet man das horizontale Knochenniveau der Implantate in Abhängigkeit vom Implantationszeitpunkt (Diagramm 17), kommt man zu folgendem Ergebnis:

Das Knochenniveau der Sofortimplantate liegt im Durchschnitt sowohl an der mesialen und distalen Implantatschulter als auch beim Mittelwert des mesialen und distalen Knochenniveaus am Implantationstag und zum letzten Recall im positiven Bereich. Bei den Spätimplantaten hingegen liegt das horizontale Knochenniveau im Schnitt nur am Implantationstag im positiven Bereich (mesial: 0,1 mm; distal: 0,02 mm; Mittelwert: 0,06 mm). Zum letzten Recall fällt der Wert des horizontalen Knochenniveaus durchschnittlich in den negativen Bereich (mesial: -0,28 mm; distal: -0,28 mm; Mittelwert: -0,28 mm). Diagramm 17 zeigt bei den Spätimplantaten deutlich mehr Ausreißer (im Diagramm als Symbole (o) und (\*) erkennbar) als bei den Sofortimplantaten, es findet sich bei den Sofortimplantaten kein Implantat mit einem Knochenniveau unterhalb der „-2 mm“-Bezugslinie.

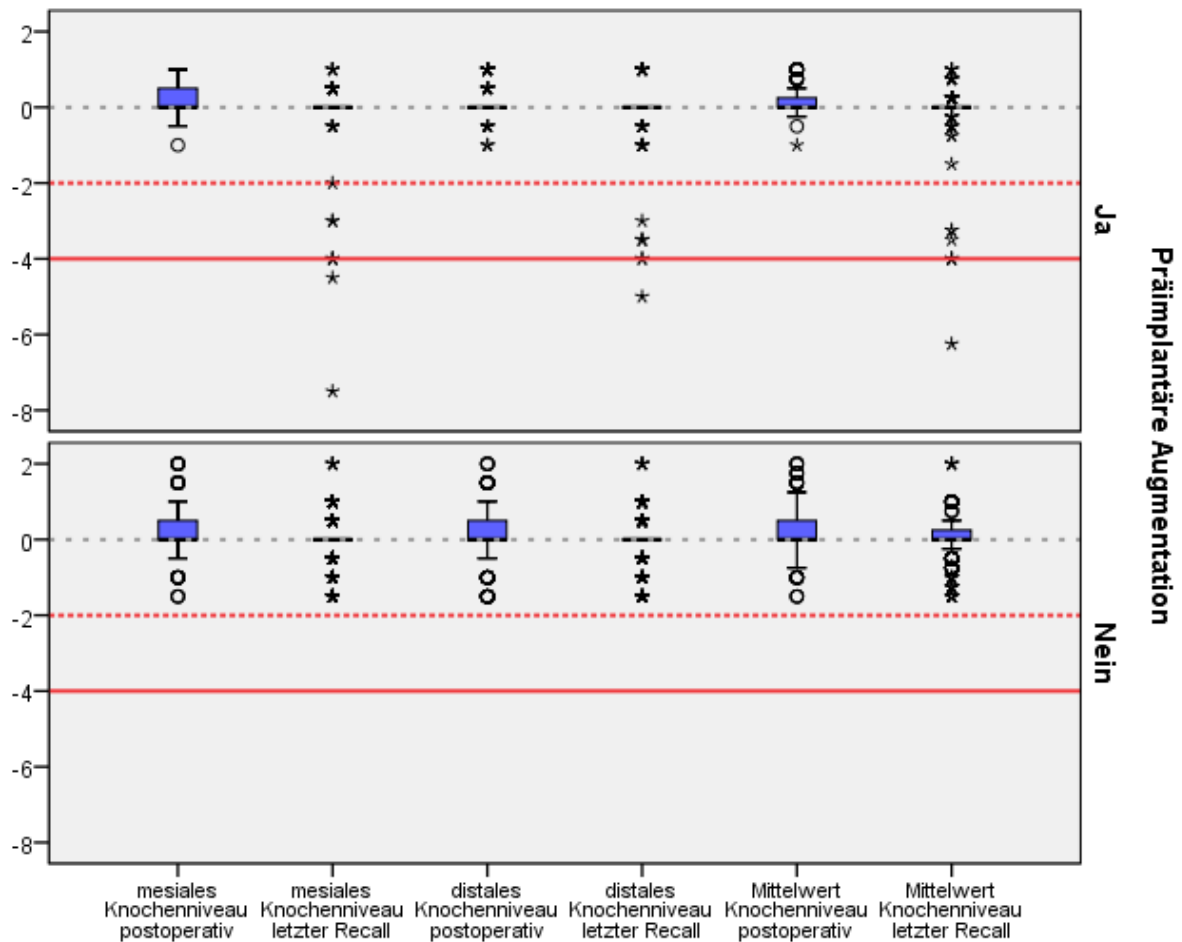
Es konnte trotzdem kein signifikanter Unterschied des Knochenabbaus an Implantaten in Abhängigkeit vom Implantationszeitpunkt festgestellt werden.



**Diagramm 17:** Darstellung des horizontalen Knochenniveaus im Vergleich in Abhängigkeit vom Implantationszeitpunkt als Box-Plot

### 3.7.2.2 Das horizontale Knochenniveau in Abhängigkeit von der Augmentation

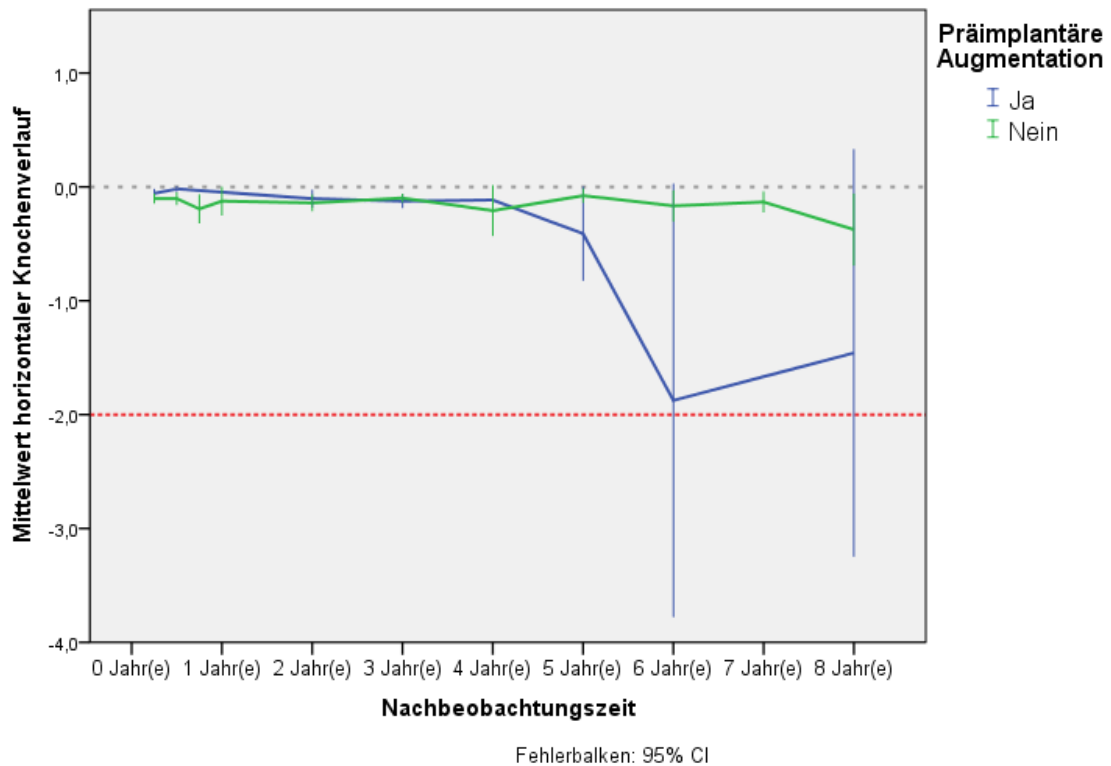
Das horizontale Knochenniveau zeigt bei Implantaten mit vorangehender Augmentation deutlich mehr Schwankungen als bei Implantaten ohne vorherige Augmentation. Ohne präimplantäre Augmentation gibt es weniger „Ausreißer“ (im Diagramm als Symbole (o) und (\*) erkennbar) und das Knochenniveau bei den untersuchten Implantaten reicht in diesen Fällen nicht unter die „-2 mm“-Bezugslinie. Bei 38 von 154 Implantaten wurde eine Augmentation vor der Implantation durchgeführt (24,7 %). Das Augmentationsverfahren belief sich dabei auf eine externe Sinusbodenelevation mit Eigenknochen und Knochenersatzmaterial (siehe Diagramm 6).



**Diagramm 18:** Darstellung des horizontalen Knochenniveaus im Vergleich in Abhängigkeit von der präimplantären Augmentation

## Ergebnisse

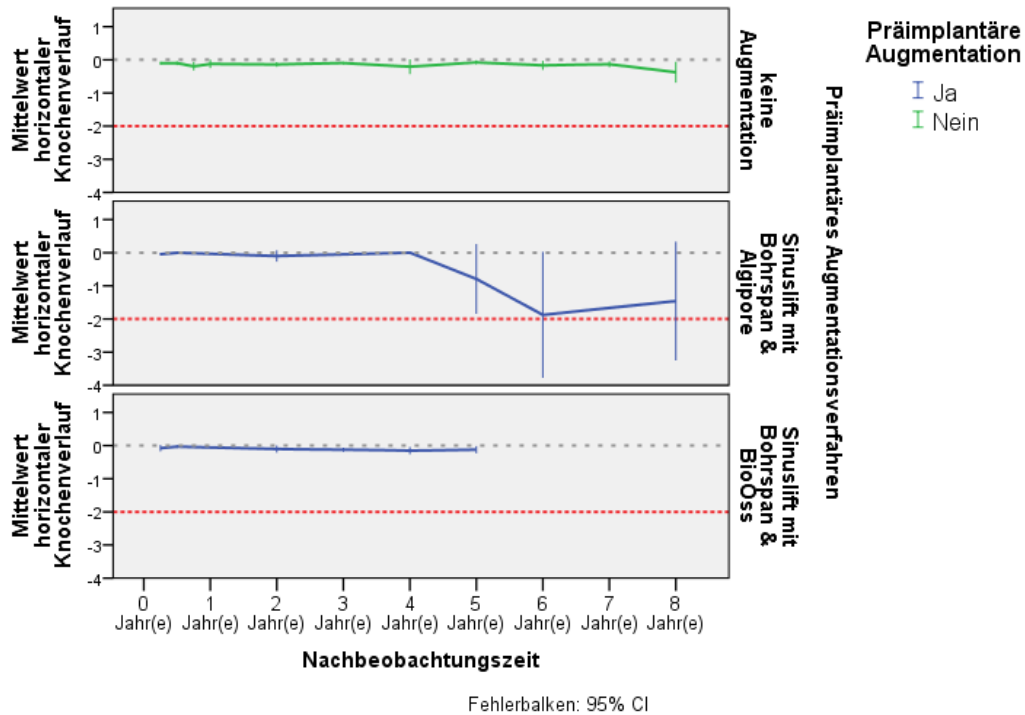
Im folgenden Diagramm lässt sich ebenfalls erkennen, dass der Graph für den horizontalen Knochenverlauf bei präimplantärer Augmentation stärker in den negativen Bereich abfällt als der Graph ohne vorangegangene Augmentation. Anfänglich verlaufen die beiden Kurven fast parallel – ab dem vierten Jahr fällt die Kurve mit präimplantärer Augmentation ab.



**Diagramm 19:** Darstellung des horizontalen Knochenverlaufs in Abhängigkeit von der präimplantären Augmentation

## Ergebnisse

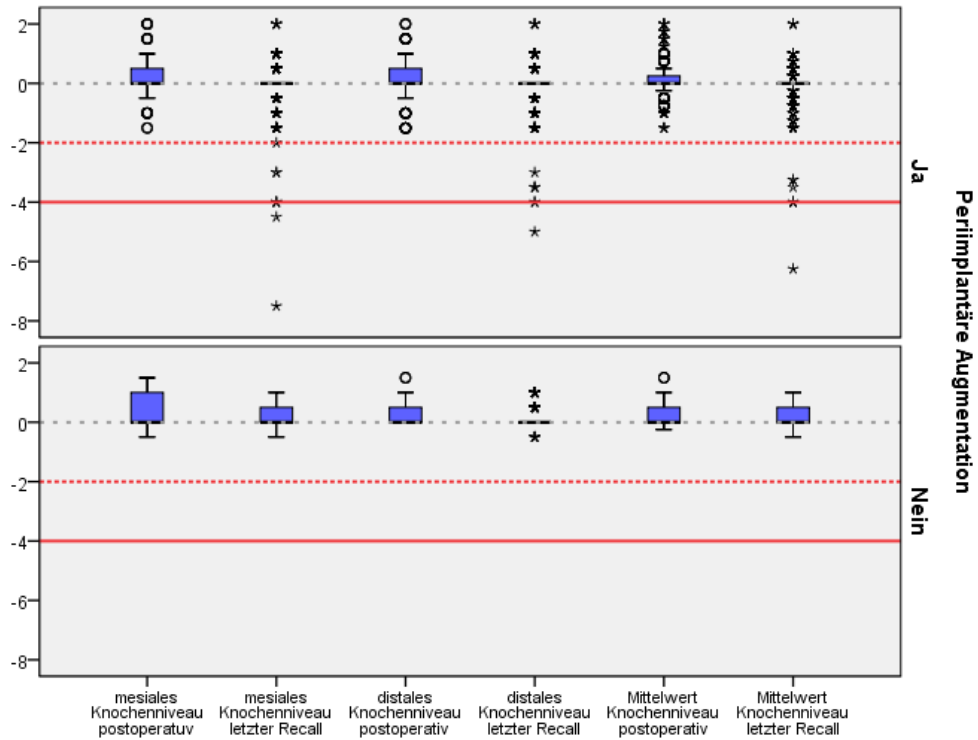
Die Implantate mit präimplantärer Sinusbodenelevation mit Geistlich Bio-Oss® haben nur einen Nachbeobachtungszeitraum von ca. fünf Jahren, wohingegen die Implantate, die mit Algipore® augmentiert wurden, bis zu acht Jahre nachbeobachtet werden konnten. Der horizontale Knochenverlauf zeigt im Vergleich einen nahezu parallelen Verlauf zur Null-Linie bei der Verwendung von Geistlich Bio-Oss® als Augmentationsmaterial und einen absteigenden Verlauf bei der Verwendung von Algipore® (Diagramm 20).



**Diagramm 20:** Darstellung des horizontalen Knochenverlaufs in Abhängigkeit vom präimplantären Augmentationsverfahren

## Ergebnisse

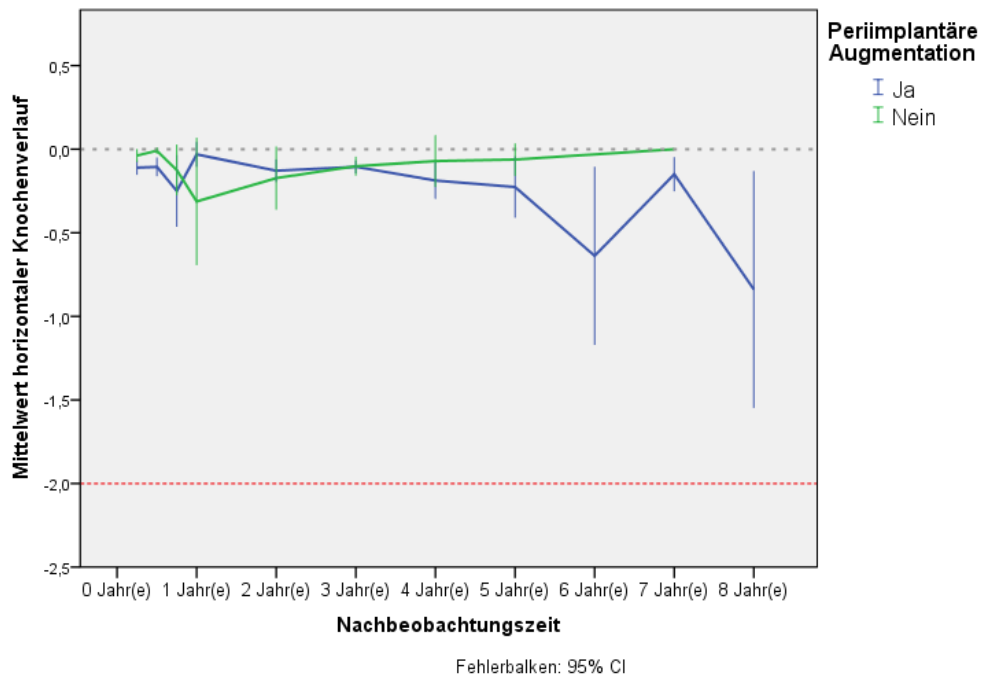
Die Darstellung der periimplantären Augmentation (Diagramm 21) zeigt ein ähnliches Ergebnis. Auch hier kommt es bei den Implantaten ohne Augmentation zu wesentlich weniger Ausreißern (im Diagramm als Symbole (o) und (\*) erkennbar) mit periimplantärem Knochenabbau. Zu beachten ist aber auch, dass die periimplantär augmentierten Implantate neben den negativen auch positive Ausreißer aufweisen.



**Diagramm 21:** Darstellung des horizontalen Knochenlevels im Vergleich in Abhängigkeit von der periimplantären Augmentation

## Ergebnisse

Aus Diagramm 22 geht hervor, dass ohne periimplantären Knochenaufbau das Knochenniveau über die Nachbeobachtungszeit viel konstanter bleibt.

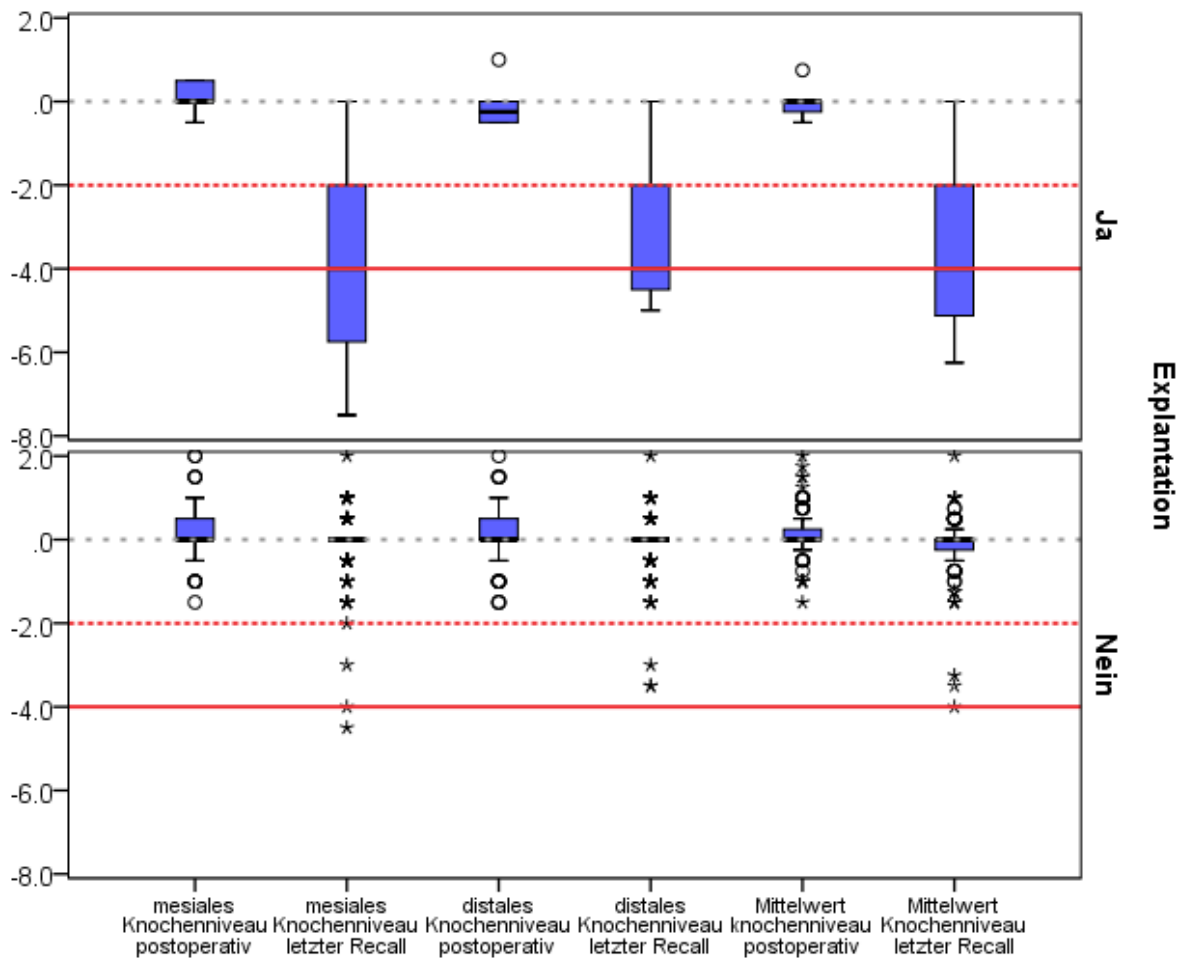


**Diagramm 22:** Darstellung des horizontalen Knochenverlaufs in Abhängigkeit von der periimplantären Augmentation

### 3.7.2.3 Das horizontale Knochenniveau in Abhängigkeit von der Explantation

Diagramm 23 zeigt die Auswertung des horizontalen Knochenniveaus in Abhängigkeit von der Explantation. Bei den explantierten Implantaten ist zu beachten, dass bei drei von sechs Explantationen kein Recall-Röntgenbild vorliegt, da diese aufgrund fehlender Osseointegration bereits nach ca. einem Monat entfernt wurden (während der frühen Osseointegrationsphase) und dafür im Sinne des Strahlenschutzes kein erneutes Röntgenbild erforderlich war.

Im Durchschnitt hatten die restlichen drei explantierten Implantate ein horizontales Knochenniveau von -3,4 mm (Mittelwert) beim letzten Recall.



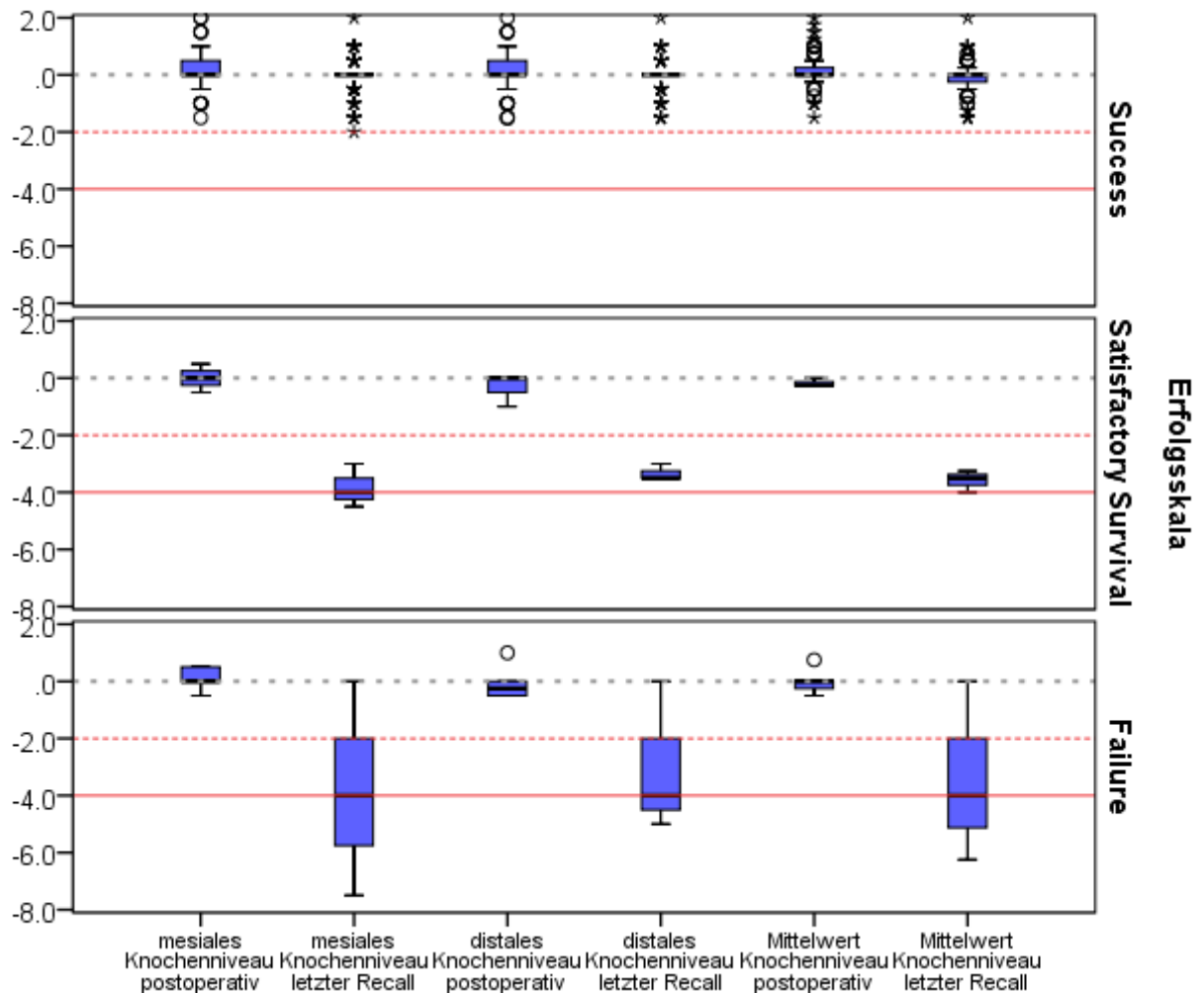
**Diagramm 23:** Darstellung der horizontalen Knochenniveaus im Vergleich in Abhängigkeit von der Explantation als Box-Plot



**3.7.2.4 Das horizontale Knochenniveau in Abhängigkeit von der Erfolgsskala nach Misch et al.**

Nach *Misch et al.* sind 145 Implantate (94,16 %) als Erfolg („Success“), drei Implantate (1,95 %) als zufriedenstellendes Implantatüberleben („Satisfactory Survival“) und sechs Implantate (3,89 %) als Misserfolg („Failure“) einzustufen.

Die 145 Implantate der ersten Gruppe hatten im Mittel beim letzten Recall ein horizontales Knochenniveau von mesial -0,04 mm und distal -0,07 mm. Der Mittelwert aus dem mesialen und distalen Knochenniveau beträgt im Durchschnitt -0,05 mm. Die drei Implantate der zweiten Gruppe („Satisfactory Survival“) hingegen hatten beim letzten Recall im Mittel ein horizontales Knochenniveau von -3,8 mm mesial und -3,3 mm distal. Der Mittelwert beider Seiten beträgt durchschnittlich -3,6 mm. In die dritte Gruppe („Compromised Survival“) fiel keines meiner untersuchten Implantate. In Gruppe vier („Failure“) kam es in meiner Studie zum letzten Recall im Mittel zu einem Knochenverlust von mesial -3,8 mm und distal -3,0 mm. Der Mittelwert von mesialem und distalem Knochenniveau beträgt in dieser Gruppe im Durchschnitt -3,42 mm.



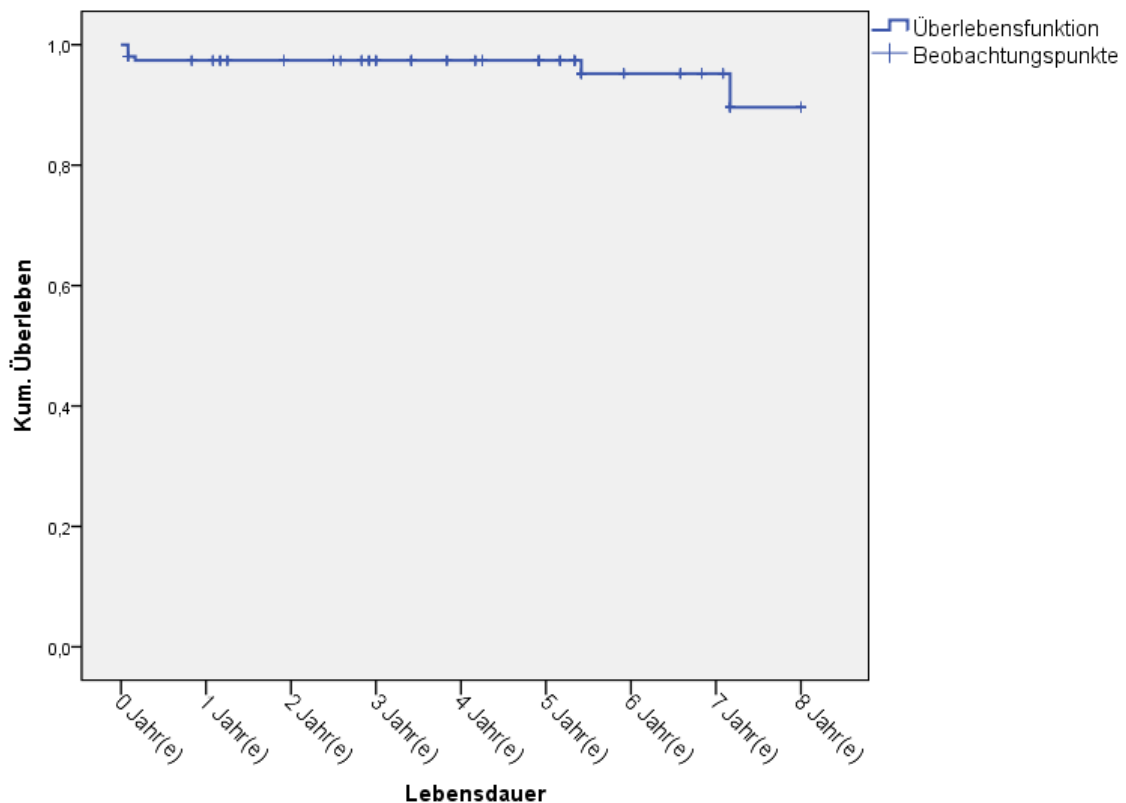
**Diagramm 24:** Darstellung des horizontalen Knochenniveaus in Abhängigkeit von der Gesundheitsskala nach *Misch* als Box-Plot

### 3.8 Überlebensstatistik

Zur Beurteilung der Verweilwahrscheinlichkeit der Implantate folgte eine Analyse der Überlebensraten nach *Kaplan-Meier* (Kaplan und Meier 1958). Dieses Verfahren gilt als Standard für die Analyse der reinen Überlebensstatistik und wurde schon auf der Konsensus-Konferenz der DGZMK 1989 für unverzichtbar erklärt (Tetsch et al. 1990).

Das Symbol (+) in den Diagrammen stellt die Beobachtungszeitpunkte der Patienten (Implantate) dar. Der Algorithmus der verwendeten Software (SPSS) generiert die Kurven immer nur bis zum letzten Misserfolg. Alle ab diesem Zeitpunkt zensierten Patienten (Implantate), also alle unter Risiko stehenden, erfolgreichen Patienten (Implantate), werden daher nicht visualisiert. Um dennoch Langzeitergebnisse zu erhalten, wird in der Diagrammbeschreibung auch der Zeitpunkt des jeweils letzten unter Risiko stehenden, zensierten Patienten (Implantate) genannt. Die Verweilwahrscheinlichkeit entspricht also der des letzten Ereignisses.

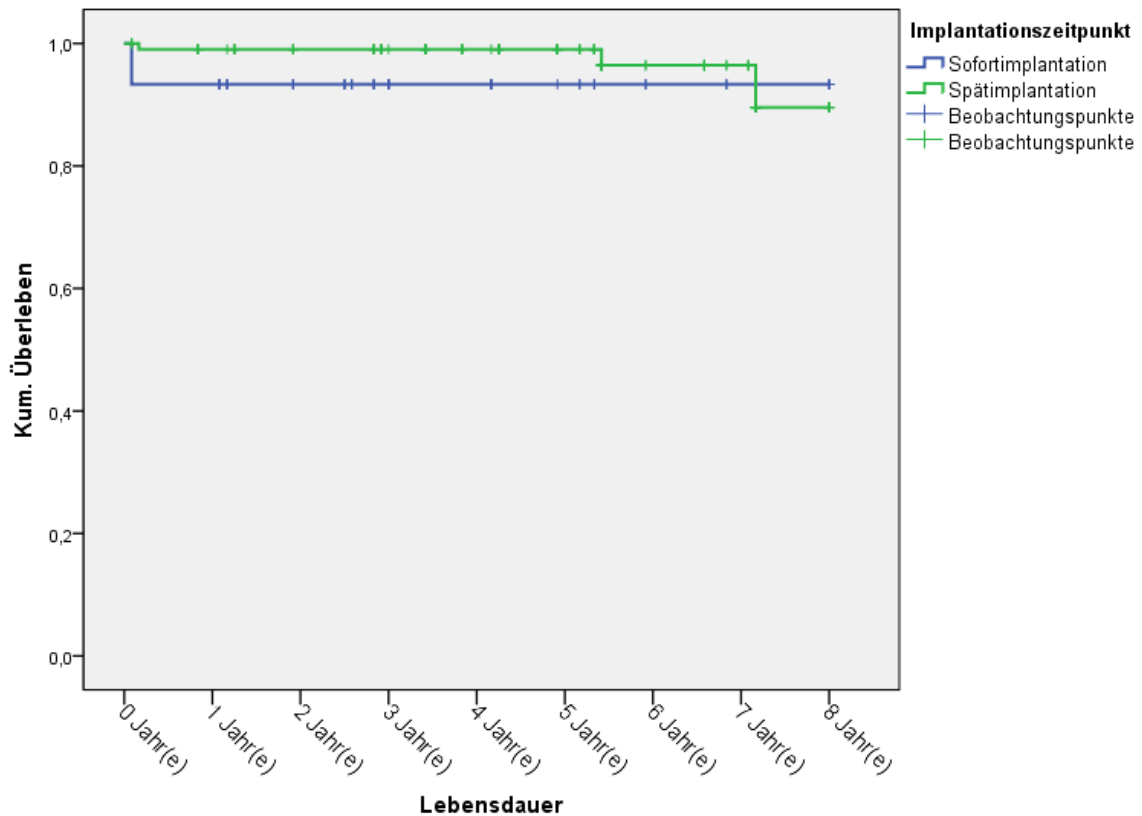
Im gesamten Untersuchungszeitraum kam es zur Explantation von sechs Implantaten. Es ergab sich eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 89,6 % nach 96 Monaten (siehe Diagramm 25).



**Diagramm 25:** Darstellung der Überlebensrate als Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier

## Ergebnisse

Bei genauerer Betrachtung sind drei Sofortimplantate und drei Spätimplantate explantiert worden. Es ergibt sich somit für die Sofortimplantate eine Überlebensrate von 93,3 % nach 96 Monaten und für die Spätimplantate eine Überlebensrate von 89,6 % nach 96 Monaten.



**Diagramm 26:** Darstellung der Überlebensrate in Abhängigkeit vom Implantationszeitpunkt als Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier

### Die Explantationsursachen bei den Spätimplantaten waren folgende:

- **Fehlende Osseointegration:** Bei einem Patienten (unauffällige Anamnese) wurden am Implantationstag zehn Implantate regio 16, 15, 14, 13, 11, 21, 23, 24, 25 und 26 inseriert. Präimplantologisch wurde sechs Monate vorab eine beidseitige, externe Sinusbodenelevation mit Geistlich Bio-Oss® und Eigenknochen regio 14-16 und regio 24-26 durchgeführt. Periimplantär wurde ebenfalls mit autologen Bohrspänen und Geistlich Bio-Oss® augmentiert. Alle Implantate versorgte man nach der Implantation mit verblockten, festsitzenden provisorischen Brücken. Die Antagonisten waren die eigenen Zähne des Patienten. Das Implantat regio 26 mit einem Durchmesser von 4,5 mm und der Länge 15 mm osseointegrierte nicht und wurde deshalb neun Wochen nach Implantation explantiert. Diagnostisch war das Implantat perkussionsempfindlich und mobil.
- **Periimplantitis:**
  - Ein Patient (unauffällige Anamnese) erhielt am Implantationstag zehn Implantate regio 17, 16, 15, 13, 12, 22, 23, 25, 26 und 27. Es erfolgte sowohl präimplantologisch durch eine externe Sinusbodenelevation mit Eigenknochen und Aligipore® als auch fünf Monate später periimplantär

mit autologen Bohrspänen eine Augmentation. Alle Implantate versorgte man nach der Implantation mit verblockten, festsitzenden provisorischen Brücken. Im Gegenkiefer befand sich zum Implantationszeitpunkt zahngetragener, herausnehmbarer Zahnersatz. Das Implantat regio 25 mit einem Durchmesser von 3,8 mm und einer Länge von 18 mm wurde nach 5 ½ Jahren explantiert. Diagnostisch waren die typischen Symptome einer Periimplantitis erkennbar: Blutung auf Sondieren, Schmerzempfindlichkeit und ein radiologisch zirkumferenter Knochenverlust (mesial: -7,5 mm; distal: -6 mm).

- Ein weiterer Patient (Anamnese: Diabetes mellitus) erhielt am Implantationstag zehn Implantate regio 17, 16, 14, 13, 11, 21, 23, 24, 26 und 27. Es erfolgte sowohl präimplantologisch durch eine externe Sinusbodenelevation mit Eigenknochen und Aligipore® als auch sieben Monate später periimplantär mit autologen Bohrspänen eine Augmentation. Alle Implantate versorgte man nach der Implantation mit verblockten, festsitzenden provisorischen Brücken. Im Gegenkiefer befand sich zum Implantationszeitpunkt zahngetragener, herausnehmbarer Zahnersatz. Das Implantat regio 16 mit einem Durchmesser von 3,8 mm und einer Länge von 15 mm wurde nach ca. acht Jahren explantiert, wobei nach fünf Jahren röntgenologisch bereits ein anfänglicher Knochenabbau zu erkennen war. Trotz Periimplantitistherapie (Reinigung, Applikation eines lokalen Antibiotikums (Nebacetinsalbe)) musste das Implantat entfernt werden. Zum Zeitpunkt der Explantation waren diagnostisch die typischen Symptome einer Periimplantitis erkennbar: Blutung auf Sondieren, Schmerzempfindlichkeit und ein radiologisch zirkumferenter Knochenverlust (durchschnittliches, marginales Knocheniveau: -4 mm).

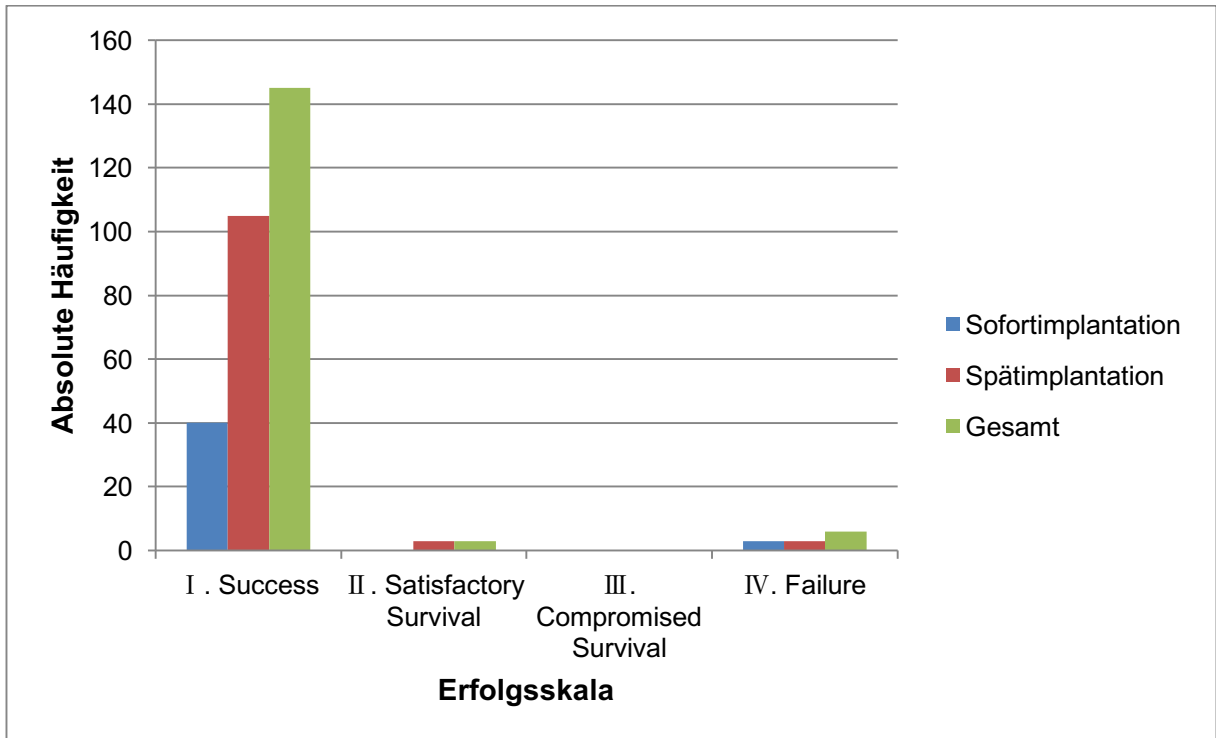
Bei den Sofortimplantaten waren die Explantationsursachen folgende:

- **Fehlende Osseointegration:** Ein Patient (Anamnese: Schilddrüsenunterfunktion) erhielt am Implantationstag fünf Implantate regio 32, 31, 41, 42 und 43. Es wurde periimplantär mit Bohrspänen augmentiert. Alle Implantate wurden nach der Implantation mit verblockten, festsitzenden provisorischen Brücken versorgt. Im Gegenkiefer hatte der Patient einen implantatretinierten, herausnehmbaren Zahnersatz. Die Implantate regio 32 und 42 mit den Durchmessern 3,8 mm und den Längen 11 mm mussten nach fünf Wochen explantiert werden. Diagnostik/Befund: Perkussionsempfindlichkeit und Mobilität.
- **Abszessbildung:** Dem zweiten Patienten (Anamnese: Medikation mit ASS 100 aufgrund von Herz-Kreislauf-Erkrankung (Koronararterienstenose)) wurden am Implantationstag vier Implantate regio 33, 31, 41 und 43 inseriert. Es erfolgte keine Augmentation. Alle Implantate versorgte man nach der Implantation mit verblockten, festsitzenden provisorischen Brücken. Im Gegenkiefer hatte der Patient implantatretinierten, herausnehmbaren Zahnersatz. Das Implantat regio 31 mit einem Durchmesser von 3,4 mm und der Länge 13 mm ging nach fünf Wochen verloren aufgrund einer chronisch apikalen Fistelung und Sezernierung von Eiter.

## Ergebnisse

In Anlehnung an die Einteilung nach *Misch et al.* liegt wie bereits beschrieben der Implantationserfolg („Success“) mit 145 sofortversorgten Implantaten bei 94,16 % und der Misserfolg („Failure“) mit sechs sofortversorgten Implantaten bei 3,89 % in zuvor zahnlosen Kiefern. In die Gruppe des zufriedenstellenden Implantatüberlebens („Satisfactory Survival“) fielen drei Implantate aufgrund eines röntgenologischen Knochenlevels von 2-4 mm beim letzten Recall-Termin (1,95 %).

Integriert man zusätzlich noch den Implantationszeitpunkt in die Erfolgsskala von *Misch et al.*, so ist zu erkennen, dass sich mehr Spätimplantate in den Gruppen II-IV wiederfinden als Sofortimplantate (Diagramm 27).



**Diagramm 27:** Darstellung des Implantationserfolges mit Differenzierung in Spät- und Sofortimplantation nach der Erfolgsskala von *Misch et al.*

### 3.9 Signifikanztests

Die Hypothesen der Studie wurden bivariat getestet. Es wurde untersucht, ob die Variablen in Wechselwirkung mit der Zeit, adjustiert für das postoperative Knochenlevel (Baseline), stehen. Wenn sich eine Signifikanz der Variable in der Wechselwirkung ergab, wurde diese in das Hauptmodell der Studie aufgenommen. Falls keine Wechselwirkung zwischen Zeit und Variable vorhanden war, wurde nur der Haupteffekt der Variable aufgenommen.

Bei diesen Hypothesen ergab sich keine Wechselwirkung:

- Die Implantatlänge ( $p = 0,337$ ) und der -durchmesser ( $p = 0,927$ ) haben keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenlevel.
- Die Implantationsregion ( $p = 0,690$ ) hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenlevel.
- Die periimplantäre Augmentation ( $p = 0,933$ ) hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenlevel.

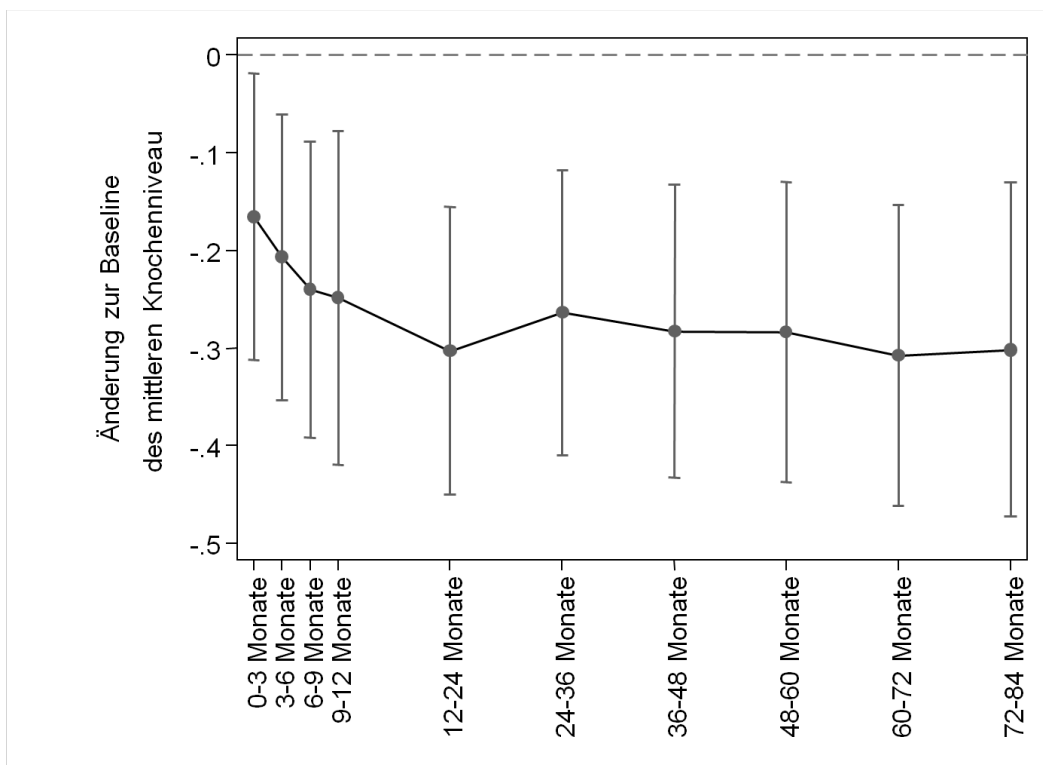
## Ergebnisse

Für folgende Hypothesen ergab sich eine Wechselwirkung:

- Der Implantationszeitpunkt ( $p < 0,001$ ) hat Einfluss auf das röntgenologische Knochniveau.
- Die Art der prothetischen Versorgung ( $p = 0,001$ ) hat Einfluss auf das röntgenologische Knochniveau.
- Die präimplantäre Augmentation ( $p < 0,001$ ) hat Einfluss auf das röntgenologische Knochniveau.

Diese drei Variablen (Implantationszeitpunkt, Art der prothetischen Versorgung, präimplantäre Augmentation) wurden dementsprechend ins Hauptmodell aufgenommen. Wichtig zu erwähnen ist, dass die Signifikanz der Wechselwirkung nur einen unterschiedlichen Verlauf des röntgenologischen Knochniveaus beschreibt, aber keine systematischen Unterschiede beweist. Dies gilt für alle drei Variablen.

Im Hauptmodell haben wir die Zeit mit den Variablen mit Wechselwirkung im Mittel und die Haupteffekte der Variablen ohne Wechselwirkung dargestellt. Alle Werte sind adjustiert auf das postoperative Knochniveau („Baseline“) und es zeigt sich bei keiner Variable eine statistische Signifikanz (Implantationsregion  $p = 0,254$ , Implantatlänge  $p = 0,094$ , Implantatdurchmesser  $p = 0,896$ , periimplantäre Augmentation  $p = 0,455$ , präimplantäre Augmentation  $p = 0,211$ , Art der prothetischen Versorgung  $p = 0,431$ , Implantationszeitpunkt  $p = 0,817$ ). Es lässt sich nur eine Veränderung des röntgenologischen Knochniveaus über die Zeit ( $p < 0,001$ ) feststellen. Über den gesamten Beobachtungszeitraum findet sich nur anfänglich eine stärkere Veränderung des röntgenologischen Knochniveaus (bis zum 24. Monat), welches dann in einen konstanten Verlauf übergeht (bis zum 84. Monat) (siehe Diagramm 28).



**Diagramm 28:** Darstellung des mittleren horizontalen Knochniveaus in der **Änderung zur Baseline** über die Zeit aller Implantate

### 4 Diskussion

Um Osseointegration und damit vorhersagbaren Implantationserfolg in der dentalen Implantologie zu erreichen, postulierte Brånemark Behandlungsprotokolle mit einer belastungsfreien, gedeckten Einheilung (Brånemark 1983). Der Fokus verschiebt sich heute immer mehr auf Behandlungsprotokolle, die eine für den Patienten schnellere ästhetische und funktionelle Lösung bedeuten. So ist das Dogma, dass Implantate im Unterkiefer für mindestens drei Monate und im Oberkiefer für mindestens sechs Monate belastungsfrei einheilen müssen, um eine funktionsstabile Osseointegration zu erfahren, zunehmend in Diskussion geraten (Nentwig und Romanos 2002).

Viele Studien haben gezeigt, dass unter günstigen Voraussetzungen optimale ästhetische und funktionelle Resultate mit Sofortversorgungen erzielt werden können (Babbush et al. 1986; Chiapasco et al. 1997; Degidi und Piattelli 2005; Ganeles et al. 2001; Horiuchi et al. 2000; Salama et al. 1995; Schnitman et al. 1997). Eine ausreichende, exakt messbare Primärstabilität stellt die Grundvoraussetzung für Osseointegration unter Belastung dar (Kawahara et al. 2003). Die Sofort- und/oder Spätimplantation mit Sofortversorgung wird als Möglichkeit diskutiert, die ursprünglichen Strukturen des Hart- und Weichgewebes zu erhalten (Lazzara 1989; Schropp et al. 2003; Paolantonio et al. 2001). *Block et al.* beschreiben bei erfolgreicher provisorischer Sofortversorgung eines Einzelzahnimplantates in der Oberkieferfront im Vergleich zur Spätimplantation mit Socket-Preservation einen zusätzlichen Gewinn an marginaler Gingiva von bis zu 1 mm (Block et al. 2009). Zusätzlich sei der Papillenerhalt nach *Rouck* besser prognostizierbar (Rouck et al. 2008). *Araújo* hingegen stellte am Hundemodell fest, dass Sofortimplantate die Remodellingvorgänge in der Extraktionsalveole, die Resorption des Bündelknochens und damit den vertikalen Knochenverlust nicht verhindern können (Araújo et al. 2006). Es bedarf diesbezüglich also weiterer Studien.

Mit der Sofortversorgung geht eine deutliche Reduktion der Patientenmorbidity – durch entfallende Implantatfreilegung und im günstigsten Falle Wiederherstellung beziehungsweise Erhalt der Ästhetik, Phonetik und Kaufunktion und dem daraus resultierenden Patientenkomfort – und der Behandlungszeit einher.

#### 4.1 Statistik

Aufgrund der Kombination aus überwiesenen und eigenen Patienten ist keine einheitliche Datenerhebung zu den Recall-Terminen möglich. Die Qualität der erhobenen Daten ist allerdings hoch, weil bei den dokumentierten Fällen immer eine sichere Einhaltung des Sofortversorgungsprotokolls gegeben ist. Aus diesem Grund sind die Resultate auch ohne ein homogenes Recall-Verfahren aussagekräftig.

#### 4.2 Die Sofortbelastung

Die Fragestellung der Sofortbelastung beziehungsweise Sofortversorgung von Implantaten scheint in der Literatur weitestgehend positiv geklärt zu sein. Grundsätzlich zeigen Studien von zahlreichen Autoren, dass die Sofort- und/oder Spätimplantation mit

Sofortversorgung unter den richtigen Bedingungen als Therapiekonzept in die Implantatversorgung integriert werden kann (Romanos et al. 2005; Schmitt et al. 2007).

Bei der Sofortversorgung muss berücksichtigt werden, dass Belastungen, die während der Einheilungsphase auf das Implantat einwirken, ein physiologisches Maß nicht überschreiten dürfen, damit der Osseointegrationsprozess ungestört stattfinden kann (Brunski 1993; Cameron et al. 1973). In meiner Studie wurde aus diesem Grund auf eine sofortige definitive Versorgung verzichtet und stattdessen eine provisorische Sofortversorgung nach einem adäquaten Okklusions- und Artikulationskonzept durchgeführt (siehe Kap. 4.4. „Zeitpunkt der definitiven prothetischen Versorgung“). Bei mechanischer Stimulation der Implantate innerhalb dieses physiologischen Maßes konnte *Romanos* in einer tierexperimentellen Studie aktives Remodelling des periimplantären Knochens beweisen (Romanos et al. 2002). Weitere Studien unterstützen diese Ergebnisse (Brunski 1999; Degidi et al. 2003; Goodman und Aspenberg 1993; Rocci et al. 2003).

Das *Wolff'sche Gesetz* stellt einen Zusammenhang zwischen den biologischen Reaktionen des Knochens (Knochenauf-, ab- und -umbau) und mechanischen Ereignissen her (Duncan und Turner 1995; Degidi et al. 2005). Mehrere Autoren folgern aus dieser Hypothese, dass die Sofortversorgung von Implantaten zu einer höheren periimplantären Knochendichte führen könnte (Barone et al. 2003; Romanos et al. 2002). *Esposito et al.* publizierten ein Review von Untersuchungen zur Sofort- und Spätbelastung. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Erfolgsraten von sofort- und spätenimplantierten Implantaten (Esposito et al. 2013). Mehrere internationale Studien konnten diese Ergebnisse bestätigen (Esposito et al. 2010).

Auch in meiner Studie zeigte sich bei den sofortversorgten Implantaten zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Implantationszeitpunkten Sofort- und Spätimplantation (Überlebensstatistik: Sofortimplantation 93,3 % und Spätimplantation 89,6 %). Untersucht wurde dies durch einen paarweisen Vergleich in einem „linear-mixed-model“ über einen Beobachtungszeitraum von 96 Monaten ( $p = 0,817$ ). Da es bei meinen Patienten kein einheitliches Recall-Verfahren gab, wurde die Signifikanz zu jedem Zeitpunkt getestet. Als Ausgangswert wurde das postoperative Knochenniveau gewählt.

Die Sofortversorgung gewinnt klinisch immer mehr an Bedeutung, was auch an der zunehmenden Anzahl der Publikationen zu der Thematik (Del Fabbro et al. 2006) und an der Entwicklung aktueller Studien deutlich wird. Die Sofortversorgung tendiert zur Ausdehnung ihrer bisher definierten Kriterien in Grenzbereiche, wie beispielsweise in Kombination mit Miniimplantaten oder auch die Kombination von sofortversorgten Implantaten mit umfangreichen Augmentationen – was konträr zur bisher vorherrschenden Meinung ist, dass immer eine ausreichende Knochenqualität und -quantität für die Primärstabilität eines Implantates Voraussetzung sein muss.

*Chiapasco et al.* untersuchten prospektiv die Sofortversorgung nach umfangreichen Augmentationen im total atrophierten Unterkiefer. Es wurde interforaminal nach Knochenentnahme aus der Kalotte augmentiert und nach fünf bis acht Monaten folgte die implantologische Versorgung mit drei bis vier Implantaten. Die prothetische Behandlung richtete sich nach dem Ledermann-Konzept mit einer stegretinierten Prothese. Die Überlebens- und Erfolgsrate von 23 Implantaten lag bei jeweils 100 % und 95,7 % (Chiapasco et al. 2007).

*Degidi et al.* zeigten, dass auch kürzere Implantate ( $\leq 10$  mm) für die Sofortversorgung infrage kommen können. Die Vorteile der kürzeren Implantate liegen ihrer Meinung nach



in Grenzsituationen, wo durch ihren Einsatz festsitzender Zahnersatz möglich wird. So können beispielsweise anatomisch wichtige Strukturen (z.B. der Sinus maxillaris oder der N. alveolaris inferior) umgangen werden. Die Erfolgsrate lag bei 97,7 % nach einem durchschnittlichen Follow-up von vier Jahren (Degidi et al. 2007).

### 4.3 Gestaltung der provisorischen Versorgung

Die Weichteilmanschette wird oberhalb der Implantatschulter nicht mehr vom eigentlichen Implantat gestützt. Das Durchtrittsprofil der Zähne variiert in der Regel von längsoval bis triangulär. Um die anatomische Weichgewebsstruktur zu stützen, wird daher empfohlen, ein Provisorium individuell herzustellen (Kornmann 2010).

In meiner Studie wurden die zahnlosen Patienten mit mehrgliedrigen Brückenprovisorien versorgt, die vorab durch eine im Labor anhand eines diagnostischen Wax-ups hergestellten Tiefziehschiene „chair-side“ angefertigt wurden. Durch diese Art von Provisorium konnte eine polygonale Abstützung der Implantate erreicht werden. Bei polygonaler Abstützung von mehrgliedrigen Brückengliedern können genauso wie bei der Sofortversorgung von interforaminalen Spätimplantaten Makrobewegungen zum größten Teil durch Schubverteilung aufgefangen und auf die einzelnen Implantatpfosten verteilt werden, sodass statische Okklusionskontakte aufgefangen werden (Misch et al. 2004). Außerdem wurde auf weitestgehend plane Kauflächen geachtet, um so ebenfalls extraaxiale Belastungen zu vermeiden.

Die Verblockung der einzelnen Einheiten zur Stabilisierung ist nach dem Behandlungskonzept der chirurgischen Fachzahnarztpraxis Dr. Kornmann und Dr. Gerlach immer anzustreben, vor allem bei einer verminderten Knochenqualität. Gerade im Oberkiefer-Seitenzahnbereich ist die Knochenstruktur eher spongiös, besonders nach aufwendigen Augmentationen wie der externen Sinusbodenelevation. Anhand dieses Behandlungskonzeptes kann die Sofortversorgung der XiVE®-Implantate zwar bedenkenlos stattfinden, trotzdem muss der Patient aber in jedem Fall darüber aufgeklärt werden, dass die Implantate anfangs eine verminderte Belastungsfähigkeit aufweisen. Um Belastungsspitzen und extraaxiale Belastungen zu vermeiden, sollte der Patient im Bereich der Implantate keine harte Nahrung abbeißen oder kauen (Kornmann 2010). Alle retrospektiv betrachteten Patienten wurden präoperativ aufgeklärt und postoperativ entweder durch die Operateure oder durch den weiterbehandelnden Hauszahnarzt kontrolliert.

### 4.4 Zeitpunkt der definitiven prothetischen Versorgung

Das konventionelle Behandlungsprotokoll sieht eine belastungsfreie Einheilungsphase von vier bis sechs Monaten vor und hat sich als sicheres Verfahren bewährt, damit dentale Implantate ungestört osseointegrieren können (Brånemark et al. 1977). Wie bereits erwähnt führt *in vivo* auch eine kontrollierte Belastung der Implantate zur Mineralisation des Implantatinterface mit dem umgebenden Knochen, da Mikrobewegungen als physiologisch für die Knochenheilung angesehen werden (Brunski 1991). Die Mineralisierung ist jedoch ein kontinuierlich stattfindender Prozess, der sich über einen längeren Zeitraum erstreckt.

Die kontrollierte Belastung im physiologischen Bereich stellt somit ein nützliches „Knochentraining“ dar. Aus diesem Grund muss bei der provisorischen Sofortversorgung die Gratwanderung zwischen Minimalbewegungen und schädlichen Makrobewegungen gelingen.

Das Behandlungskonzept der chirurgischen Fachzahnarztpraxis Dr. Kornmann und Dr. Gerlach sieht eine Mindestanzahl von vier Implantaten im Unterkiefer und sechs Implantaten im Oberkiefer für eine festsitzende Versorgung vor (DGZMK und DGI 2005). Die Patienten erhielten direkt nach der Implantatinserterion mehrgliedrige Brückenprovisorien, wodurch eine polygonale Abstützung erreicht werden konnte. Eine sofortige definitive prothetische Versorgung kann unter Umständen schädliche Belastungsspitzen mit sich bringen, die gerade bei Sofortimplantationen sehr risikobehaftet sind und zum Misserfolg führen können. Während der Osseointegrationsphase sind Implantate sehr empfindlich gegenüber Drehmomentbelastungen (Brunski 1993; Cochran et al. 1998; Rocuzzo et al. 2001), da durch Demineralisations- und Remineralisationsvorgänge am Implantatinterface die Primärstabilität zunächst vorübergehend abgeschwächt (zwei bis drei Wochen nach Implantatinserterion) und anschließend durch die Osseointegration sekundär wieder stabilisiert wird (Raghavendra et al. 2005). Folglich können notwendige Aufbauverschraubungen mit Ratschen beziehungsweise Drehmomentschlüsseln für das Verschrauben und Fixieren der Aufbauten zu einem früheren Zeitpunkt als zu der im Standardverfahren eingehaltenen Einheilungszeit zu einer Zerstörung der Knochenbrücken am Implantatinterface führen (Hess et al. 2007; Hess et al. 2006). Des Weiteren kann bewusstes oder unbewusstes Fehlverhalten des Patienten in diesem Zeitraum zu Belastungsspitzen führen, die einen Misserfolg zur Folge haben können. Aus diesem Grund wird auf eine sofortige definitive Versorgung der Implantate in dieser Praxis verzichtet.

Das Okklusions- und Artikulationskonzept der Praxis sieht bei Sofortversorgungen von zahnlosen Kiefern eine belastungsreduzierende provisorische verblockte Versorgung vor, um dem Knochen die Möglichkeit der Belastungsadaptation durch Umbauvorgänge zu ermöglichen. Dies wird zum einen durch eine polygonale Belastungsverteilung der verwendeten Brückenprovisorien und zum anderen durch das Eingliedern der definitiven Versorgung nach ca. fünf Monaten „Einheilzeit“ erreicht. Somit liegt der Eingliederungszeitpunkt der definitiven Versorgung in meiner Studie im Median mit 5,18 Monaten im Unterkiefer und 5,71 Monaten im Oberkiefer innerhalb des von *Brånemark* postulierten Rahmens (Brånemark et al. 1977). Dieses Konzept soll das bereits erwähnte Knochentraining unterstützen, insbesondere bei Fällen mit reduzierter Implantatanzahl, geringer Knochendichte und in Kombination mit oder nach augmentativen Verfahren. Bei Einhaltung dieses Konzepts kann davon ausgegangen werden, dass eine ausreichende Mineralisierung des Implantat-Knochen-Interface vorliegt. So zeigt auch die vorliegende retrospektive Studie im Vergleich zu Studien konventionell einheilender Implantate in Bezug auf die Erfolgsrate vergleichbar hervorragende Ergebnisse (Adell et al. 1981; Behneke et al. 2000).

Die für die Sofortversorgung erforderliche ausreichende Primärstabilität lässt sich am sichersten durch ein Schraubendesgin mit Kompressionsverschraubung des Implantates erreichen (Rasmusson et al. 2001). Außerdem ist ein Implantatsystem notwendig, das alle Behandlungsoptionen von der Sofortbelastung über die transgingivale bis zur subgingivalen Einheilung ermöglicht, wie die in dieser Studie ausschließlich verwendeten XiVE®-Implantate.

### 4.5 Gestaltung der definitiven prothetischen Versorgung

Im zahnlosen Kiefer bestimmt im Wesentlichen die Anzahl der Stützpfiler, also die Implantatanzahl, ob eine Versorgung festsitzend oder herausnehmbar gestaltet werden kann. Die Anzahl der inserierten Implantate ist wiederum abhängig von der Knochenqualität, den finanziellen Möglichkeiten und den Wünschen des Patienten. Wie bereits in der Einleitung beschrieben, ist auch aufgrund der verschiedenartigen Knochenmorphologien der Maxilla und Mandibula für jeden Patienten individuell zu planen.

Im zahnlosen Unterkiefer ist die Atrophie oft fortgeschritten – dies betrifft überwiegend den Bereich posterior der Foramina mentalia. Die Mindestimplantatanzahl für die retrospektiv betrachteten Patienten meiner Studie beträgt vier Implantate im Unterkiefer und sechs im Oberkiefer. Die spongiöse Struktur des Oberkieferknochens erfordert im Vergleich zum Unterkiefer eine höhere Anzahl von Implantaten zu Verankerung des Zahnersatzes. *Spiekermann* und die *DGZMK* (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde) beziehungsweise die *DGI* (Deutsche Gesellschaft für Implantologie) empfehlen als groben Richtwert die 1,5-fache Implantatanzahl des Unterkiefers für die vorgesehene Implantatanzahl im Oberkiefer (*Spiekermann* 1994; *DGZMK* und *DGI* 2005). Bei Verwendung von vier Implantaten im Unterkiefer wurden diese in gleichmäßigen Abständen im interforaminalen Bereich gesetzt, wobei aufgrund der *Nn. mentales* ein Sicherheitsabstand von 5 mm zu den Foramina mentalia eingehalten werden muss. Bei günstigen anatomischen Voraussetzungen besteht die Möglichkeit, ohne aufwendige Augmentationen auch im posterioren Bereich Implantate zu verankern, das heißt zusätzliche Implantate distal der Foramina mentalia beidseits.

In der vorliegenden Studie liegt die inserierte Implantatanzahl der Mandibula entweder bei vier oder sechs Implantaten. Es wurde überwiegend festsitzender Zahnersatz eingegliedert. Neun Patienten erhielten metallkeramische Brückenkonstruktionen – bei fünf Patienten wurde diese auf sechs Implantaten verankert, bei drei Patienten auf vier und bei einem Patienten auf zehn Implantaten. Die übrigen Patienten ( $n = 5$ ) wurden mit herausnehmbarem Zahnersatz versorgt – drei Patienten mit Stegkonstruktionen und zwei Patienten mit Teleskoparbeiten beziehungsweise Kugelknöpfen. Der herausnehmbare Zahnersatz ist immer auf vier Implantaten verankert.

In Bezug auf Langzeitergebnisse von Versorgungen dentaler Implantate mit herausnehmbaren und festsitzenden Suprakonstruktionen hat sich bereits früh gezeigt, dass die Überlebensraten prozentual ähnlich sind. Bei der Versorgung mit festsitzendem implantatgestützten Zahnersatz berichten Studien von Überlebensraten zwischen 85 % und 94 % bei den 5- bzw. 10-Jahres-Überlebensraten der Suprakonstruktionen und bei der Versorgung mit herausnehmbarem implantatgestützten Zahnersatz von Überlebensraten zwischen 82 % und 95 % (*Slot et al.* 2010; *Rentsch-Kollar et al.* 2010; *Pjetursson et al.* 2007; *Kreissl et al.* 2007; *Jung et al.* 2008; *Aglietta et al.* 2009).

Vor allem im Oberkiefer ist die Voraussetzung für einen dauerhaften Erfolg der Implantate beziehungsweise der darauf befestigten Suprakonstruktion eine möglichst polygonale Verteilung der Pfeiler. In dieser Studie lag die Implantatanzahl der Maxilla zwischen sieben und zwölf Implantaten, was bedeutet, dass die Patienten alle im Sinne der Vollbezahnung umfangreich versorgt wurden. Die definitive, prothetische Versorgung bestand ausnahmslos aus metallkeramischen, festsitzenden Brückenkonstruktionen. Bei sechs Patienten wurde diese Art der Versorgung auf zehn Implantaten verankert, bei den restlichen vier Patienten jeweils auf zwölf, neun, acht und sieben Implantaten. Aufgrund

der meist starken Kieferkammatrophy im Seitenzahnbereich der Maxilla sind die Bedingungen für eine Implantation selten von Beginn an gegeben, sodass eine horizontale sowie vertikale Kieferkammaugmentation notwendig ist. Bei sechs Patienten wurde eine präimplantäre Augmentation mittels einer Sinusbodenelevation durchgeführt.

### 4.6 Knochenabbau am Implantat

Nicht nur die Überlebensstatistik und die Stabilität des Implantates stellen wichtige Parameter für den Implantationserfolg dar, sondern auch der periimplantäre Knochenabbau. In dieser Studie kommt dem marginalen Knochenabbau um die untersuchten Implantate eine gewichtige Bedeutung zu. Die röntgenologische Diagnostik dient der nicht-invasiven Verlaufskontrolle und als aussagekräftigstes Hilfsmittel. Dieses ist die erste Studie, die den röntgenologischen Verlauf des Knochenabbaus am Implantat bei Sofortversorgungen zahnloser Kiefer über einen mittleren Zeitraum von acht Jahren darstellt.

*Mombelli* und *Lang* stellten als eine der ersten fest, dass das röntgenologische Knocheniveau zur Früherkennung pathologischer Prozesse im periimplantären Gewebe ebenso wie im Parodont natürlicher Zähne genutzt werden kann (Mombelli und Lang 1994). *Strid* empfahl als Bestandteil periimplantärer Diagnostik jeweils sechs und zwölf Monate nach Eingliederung der definitiven Suprakonstruktion und im weiteren Verlauf einmal jährlich Röntgenbilder anzufertigen (Strid 1985). Um eine Referenzaufnahme und für spätere Vergleiche zu besitzen, empfahl *Brägger* direkt nach Implantatinserktion ein Röntgenbild anzufertigen (Brägger 1994). Das Praxiskonzept sieht unter Berücksichtigung der aktuellen Empfehlungen der Konsensuskonferenz immer präoperativ, postoperativ, zum Eingliederungstermin der definitiven Suprakonstruktion und, falls möglich, jährliche, röntgenologische Kontrollen vor, um das marginale Knocheniveau zu beurteilen (Bornstein et al. 2014). Dabei wird nach *Wennström et al.* individuell festgelegt, ob zwei- oder dreidimensionale Aufnahmen notwendig sind (Wennström und Palmer 1999).

Eine periimplantäre Radioluzenz in der Röntgenaufnahme weist auf eine bindegewebige Einscheidung hin und kündigt den Implantatverlust an (Smith und Zarb 1989). In meiner Studie gingen aufgrund von Periimplantitis (im Röntgenverlauf erkennbar) zwei Implantate verloren. Weitere vier Implantate heilten bindegewebig ein und mussten frühzeitig wieder explantiert werden. Von diesen Implantaten erfolgte aufgrund der eindeutig klinischen Situation keine weitere Röntgendiagnostik, um eine unnötige Strahlenexposition der Patienten zu vermeiden.

Wie bereits unter den „Erfolgskriterien“ beschrieben, wurde der röntgenologische Knochenabbau in dieser Studie nach der Erfolgsskala von *Misch et al.* bewertet (Misch et al. 2008). In der retrospektiven Analyse waren 145 Implantate (94,2 %) als „Success“, drei Implantate als „Satisfactory Survival“, kein Implantat als „Compromised Survival“ und sechs Implantate als „Failure“ zu bewerten.

Als eine Hauptursache für den periimplantären Knochenabbau wird der Mikrospace zwischen Implantat und Abutment angenommen, da dieser durch erhöhte mechanische und mikrobielle Belastung den Knochenabbau um das Implantat herum fördert. *Hultin* beschreibt einen Zusammenhang zwischen periimplantären Knochenabbau und der Qualität beziehungsweise Quantität der mikrobiellen Besiedlung des Mikrospace (Hultin et al. 2000). In einer Untersuchung von *King et al.* ergab sich, dass ein Mikrospace ohne Bewegung (Sogwirkung) an sich keinen Risikofaktor für Knochenabbau darstellt. Vielmehr

ist die Mikrobewegung zwischen Implantat und Abutment als Ursache für den Abbau zu werten (King et al. 2002). An zweiteiligen Implantaten durchgeführte Langzeitstudien haben gezeigt, dass innerhalb des ersten Jahres nach Implantatinserktion ein marginaler Knochenabbau von 1,5 bis 2 mm stattfindet (Canullo et al. 2009; Canullo et al. 2010).

In dieser Studie wurde der horizontale Knochenabbau sowohl analog als auch digital vermessen. Der Vorteil in der digitalen Vermessung besteht in der präziseren Ablesemöglichkeit sowie in der individuellen Umrechnung des Vergrößerungsfaktors für jede einzelne Röntgenaufnahme. Dennoch ist auch bei dem digitalen Röntgenverfahren eine gewisse Messungenauigkeit anzunehmen, da das Röntgenbild eine zweidimensionale Abbildung eines dreidimensionalen Objektes darstellt. Im Strahlengang entsteht ein Summationsbild aller bestrahlten Strukturen, wobei diese zusätzlich verschiedene Röntgendichten haben können. Folglich können feinere Strukturen zum Teil überlagert beziehungsweise nicht abgebildet werden – beispielsweise überlagern sich immer der bukkale und der orale periimplantäre Knochen. Das röntgenologische Knocheniveau kann nur an der mesialen und distalen Fläche eines jeden Implantates bestimmt werden, die anderen Flächen sind nicht zu beurteilen. Dieses Verfahren hat sich schon seit vielen Jahren in wissenschaftlichen Studien bewährt und reicht aus, um den marginalen, periimplantären Knochenverlauf zu beurteilen.

In einer Studie von *Gómez-Román et al.* galt eine hinreichende Messgenauigkeit von 1 mm als realisierbar (*Gómez-Román et al.* 1996). In meiner Studie wurde dennoch ein Messbereich von 0,5 mm festgelegt, um präzisere Aussagen treffen zu können.

### **4.6.1 Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von der Implantatlänge und dem Implantatdurchmesser**

Die vorliegende Studie zeigt zu keinem Zeitpunkt eine statistische Signifikanz bezüglich der Implantatlänge ( $p = 0,094$ ) beziehungsweise des -durchmessers ( $p = 0,896$ ) und dem marginalen Knochenabbau. Betrachtet wurde jeder Zeitpunkt über einen Beobachtungszeitraum von 96 Monaten.

In einer weiteren klinischen Studie konnte ebenfalls keine Abhängigkeit zwischen Implantatdurchmesser und Überlebensrate herausgestellt werden (*Anner et al.* 2005).

In der Literatur wird für die Sofortversorgung von Implantaten von mehreren Autoren eine Mindestlänge von 10 mm gefordert (*Babbush et al.* 1986; *Chiapasco et al.* 1997; *Tarnow et al.* 1997). In dieser Studie betrug die Länge des kürzesten Implantates 11 mm.

Eine weitere Studie von *Joos et al.* beschreibt, dass eine große Anlagerungsfläche des Implantates die Krafteinwirkung und damit die Möglichkeit einer mechanischen Verformung des Knochens reduziert, und damit eine Implantatgeometrie mit größtmöglichem Durchmesser und idealer Oberflächenvergrößerung durch das Mikrodesign eine Voraussetzung für Osseointegration unter Belastung darstellt (*Joos et al.* 2001).

### **4.6.2 Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von der Implantatlokalisierung im Kiefer**

Die Studie ergab zu keinem Zeitpunkt einen statistisch signifikanten Unterschied für den Knochenabbau an Implantaten zwischen den Gruppen der Frontzahn-, Prämolaren- und

Molarenregion über einen Beobachtungszeitraum von 96 Monaten ( $p = 0,254$ ). Auch *Degidi et al.* wiesen in einer histologischen Untersuchung nach, dass sich die Sofortbelastung von Implantaten im posterioren Bereich nicht negativ auf die Osseointegration auswirkt (Degidi et al. 2003).

Trotz der positiven Ergebnisse ist zu erwähnen, dass drei der insgesamt sechs Explantation im posterioren Oberkieferbereich und die anderen drei Explantation im anterioren Unterkieferbereich erfolgten. Den Explantation im Oberkiefer ist eine präimplantäre, externe Sinusbodenelevation gemein. Aufgrund eines mangelnden vertikalen Knochenangebots musste vorab Knochen aufgebaut werden. Diese anatomisch ungünstigen Voraussetzungen und die erhöhte Belastung der Implantate durch ihre Lage im Kaukraftzentrum stellen Risikofaktoren für eine Sofortversorgung der Implantate im Seitenzahnbereich dar. Die Frontzähne hingegen stehen nicht im Kaukraftzentrum, sondern werden zum „Abbeißen“ verwendet. Deshalb besteht ein erhöhtes Verlustrisiko bei Überbelastung. Die Patienten müssen präoperativ explizit über die Nachsorge aufgeklärt werden und dementsprechend Belastungen der Frontimplantate vermeiden. Außerdem findet sich in der Unterkieferfrontzahnregion meist ein Knochen der Dichteklasse D1 (Misch 1990), welcher fast ausschließlich aus rein kortikalem Knochen besteht. Da in kortikalem Knochen die Durchblutung und damit einhergehend die Wundheilung schlechter ist als in spongiösem Knochen, stellt die Unterkieferfront aufgrund ihrer Anatomie zusätzlich einen Risikofaktor für einen Implantationsmisserfolg dar. In dieser Studie gingen drei Unterkiefer-Frontzahnimplantate verloren.

### 4.6.3 Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von augmentativen Verfahren

Vorhersagbare chirurgische Augmentationserfolge in atrophischen Kieferbereichen durch Sinusbodenelevationen sind in der Literatur zahlreich beschrieben worden (Wallace und Froum 2003; Del Fabbro et al. 2004). Zur Augmentation des Sinus maxillaris wurden verschiedene Materialien verwendet –partikulierte autogene Knochen (Wood und Moore 1988; Lundgren et al. 1996; Froum et al. 1998), autogene Knochenblöcke (Khoury 1999; Wannfors et al. 2000), partikuläres, bovines Material (Hurzeler et al. 1996; Valentini und Abensur 2003), BMP-2 (Boyne et al. 1997) und nicht-resorbierbares Hydroxylapatit (Small et al. 1993). Histologische Untersuchungen zeigten für die verschiedenen Augmentate des Sinus maxillaris nach Biopsien aus dem Knochen wesentliche Unterschiede in der resultierenden Knochenqualität: Der Anteil des vitalen Knochens lag zwischen 4,6 % und 59,4 % (Lundgren et al. 1996; Tarnow et al. 2000; Wheeler 1997; Wheeler et al. 1996), wobei nach Augmentation mit Hydroxylapatit der niedrigste Anteil vitalen Knochens in der Kieferhöhle vorlag und mit partikulärem, autogenen Knochen der höchste (Wheeler 1997). Eine reine Metaanalyse verschiedener Augmentationsmaterialien zur Sinusbodenelevation ergab ebenfalls, dass eine Augmentation des Sinus maxillaris mit autogenem Knochen nach neun Monaten den höchsten tbv-Wert aufweist. Der tbv-Wert (tbv = total bone volume) ist eine histomorphologische Größe, die den durchschnittlichen Knochenanteil in histologischen Präparaten morphometrisch bestimmt und in Prozent angibt. Es wurden die Augmentationsmaterialien Geistlich Bio-Oss®, eine Mischung aus Geistlich Bio-Oss® mit autogenem Knochen, ausschließlich autogener Knochen und  $\beta$ -Tricalciumphosphat (synthetisches Knochenersatzmaterial) miteinander verglichen. Zusammenfassend wird in der Studie festgehalten, dass Bio-Oss® mit oder ohne autogenen Knochen,  $\beta$ -Tricalciumphosphat und autogener Knochen bei der Sinusbodenelevation hinsichtlich der

histologischen Knochenstruktur neun Monate postoperativ vergleichbare Materialien sind. Trotzdem weist das Augmentat mit rein autogenem Knochen nach vier bis neun Monaten mehr mineralisiertes Knochengewebe auf. In dieser Studie wurde deshalb bei Anstreben einer prothetischen Rehabilitation (mit funktioneller Belastung) innerhalb von neun Monaten die Verwendung von autogenem Knochen empfohlen – in allen anderen Fällen der Gebrauch von Bio-Oss® in Kombination mit autogenem Knochen (Simonovska 2010). In meiner Studie wurden für die Sinusbodenelevation als Augmentationsmaterialien zum einen FRIOS Algapore® (Dentsply Friadent, Mannheim, Deutschland) und zum anderen Geistlich Bio-Oss® (Geistlich, Baden-Baden, Deutschland) verwendet. Algapore® ist ein hochporöses Hydroxylapatit auf pflanzlicher Basis und Bio-Oss® ein partikuläres, bovines Knochenersatzmaterial.

In dieser retrospektiven Studie kam es zu einem größeren marginalen Knochenverlust bei der Verwendung von Algapore® als Knochenersatzmaterial. Zwar wurden die Implantate, die mit Geistlich Bio-Oss® augmentiert wurden, im Schnitt drei Jahre kürzer nachbeobachtet, diese Aussage ist aber trotzdem zutreffend. Dies zeigt sich auch bei den Implantatverlusten. Bei allen drei explantierten Spätimplantaten hatte sechs Monate zuvor eine Sinusbodenelevation mit einer Kombination aus Eigenknochen und Algapore® stattgefunden. Ebenso die Implantate der Kategorie „Satisfactory Survival“, die auch mit einer Kombination aus Eigenknochen und Algapore® präimplantär augmentiert wurden. Die drei Implantate sind zwar klinisch stabil, allerdings weisen sie einen marginalen Knochenverlust zwischen 2 und 4 mm auf. Diese Ergebnisse zeigen, dass es zwar möglich ist, mit Augmentationen neuen Knochen zu generieren oder ggf. kompromittierte Knochenareale zu regenerieren, aber auch, dass Augmentationsverfahren hinsichtlich der Langzeitprognose von später in den Augmentaten verankerten Implantaten sehr risikobehaftet sein können.

Zwar führte die Anwendung des Knochenersatzmaterials Bio-Oss® bei der präimplantären Augmentation zu geringfügig langzeitstabileren Ergebnissen als Algapore®, jedoch sind die Unterschiede zwischen der präimplantären beziehungsweise periimplantären Augmentation und den Implantaten, bei denen nicht augmentiert wurde, bezogen auf den marginalen Knochenabbau über den Beobachtungszeitraum von 96 Monaten nicht signifikant ( $p = 0,211$ ).

Dass Augmentationen keinen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate von Implantationen haben, zeigten u.a. Wallace und Froum (Wallace und Froum 2003). Periimplantäre Augmentationen im Sinne von Auf-, An- und Einlagerung stellen keine Kontraindikation für die Sofortversorgung beziehungsweise Sofortbelastung von Implantaten dar (Ormianer et al. 2006). Romanos stellte fest, dass periimplantäre Augmentationen mit Eigenknochenspänen keinen Einfluss auf die Osseointegration sofortbelasteter Implantate haben (Romanos 2003).

Bei den periimplantären Augmentationen der Implantate in der vorliegenden Studie kam es zu mehr Ausreißern. Statistisch besteht jedoch keine Signifikanz zwischen dem Knochenabbau von periimplantär augmentierten und nicht augmentierten Implantaten, was u.a. aber auch in der geringen Fallzahl begründet sein könnte ( $p = 0,455$ ).

### 4.6.4 Knochenabbau am Implantat in Abhängigkeit von der prothetischen Versorgung

*Slot et al.* untersuchten herausnehmbaren, implantatgestützten Zahnersatz in der Maxilla. Hinsichtlich der Überlebensraten von Implantaten und Prothesen und bezüglich des Nachsorgebedarfs zeigte sich die auf sechs Implantaten stegverankerte Prothese vor der auf vier Implantaten stegverankerten Prothese am erfolgreichsten. Am wenigsten erfolgreich zeigte sich die Behandlungsoption mit vier oder weniger Implantaten und einer Befestigung mittels Kugelkopfverankerung (Slot et al. 2010). Im Gegensatz zu *Slot et al.* verglichen *Meijer et al.* implantatgestützten, herausnehmbaren Zahnersatz im Unterkiefer, der auf zwei oder vier Implantaten verankert wurde. In der Nachsorgehäufigkeit, in der Entzündungshäufigkeit der periimplantären Gewebe und in der Patientenzufriedenheit zeigten sich dabei keinerlei Unterschiede (Meijer et al. 2009). Auch in den vorliegenden Ergebnissen ergaben sich zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Unterschiede beim periimplantären Knochenverlauf bezüglich der prothetischen Versorgung ( $p = 0,431$ ).

*Cehreli et al.* untersuchten unter anderem den Einfluss des verwendeten Verankerungssystems auf die Neuanfertigungshäufigkeit von implantatbefestigtem herausnehmbarem Zahnersatz. Die Untersuchung zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Neuanfertigungshäufigkeit ( $p > 0,05$ ) (Cehreli et al. 2010).

### 4.7 Beurteilung der Überlebenszeitanalyse und Erfolgsquote

Die Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten nach Sofort- oder Spätimplantation mit Sofortversorgung im zahnlosen Kiefer in einem Beobachtungszeitraum von 96 Monaten beträgt in dieser Studie nach *Kaplan-Meier* (Kaplan und Meier 1958) insgesamt 89,6 %. Das heißt, dass bei den insgesamt 154 inserierten Implantaten sechs Verluste auftraten. Die Erfolgsstatistik dieser Studie nach *Misch et al.* beträgt 94,16 % für alle Implantate. Die aktuelle Literatur zeigt vergleichbare Ergebnisse. So stellten *Schindjalova et al.* 2015 in einer retrospektiven Studie eine Überlebensrate von 98 % bei Sofortimplantaten mit Sofortbelastung fest, ebenfalls mit den Kriterien der Internationalen Konsensuskonferenz (ICOI, 2007) bewertet, die auch in der vorliegenden Studie verwendet wurden (Schindjalova 2015). *Degidi et al.* untersuchten in einer prospektiven 10-Jahres-Studie die Erfolgs- und Überlebensrate von sofortbelasteten XiVE®-Implantaten und kamen zu dem Ergebnis, dass das angewendete Implantatsystem für eine Sofortbelastung sehr gut geeignet ist („Satisfactory and Compromised Survival“ 36,4 %, „Success“ 61,4 %) (Degidi et al. 2015). Auch hier wurden die Kriterien der ICOI verwendet. Die Überlebensraten der sofortversorgten Sofort- und Spätimplantate dieser Studie unterscheiden sich nicht signifikant und sind äquivalent zu den Ergebnissen anderer Autoren bei Sofort- und Spätversorgungen (Moraschini und Porto Barboza 2015; Imburgia und Del Fabbro 2015; Romanos et al. 2014).

Die getrennte Betrachtung der beiden Implantationszeitpunkte in der vorliegenden Studie ergab eine Überlebensstatistik von 93 % für die Sofortimplantation und 97 % für die Spätimplantation. Andere Studien zeigen ähnliche Resultate. Eine aktuelle Studie von *Tizieni* ergab eine Überlebensrate von 91,2 % bei Sofortimplantaten (Tizieni 2014). Schropp et al. zeigten auf, dass Sofort- und Spätimplantate hinsichtlich ihrer Überlebensdauer keine Unterschiede aufweisen (Schropp et al. 2014).



In der vorliegenden Studie fiel auf, dass die Implantatverluste bei den Sofortimplantaten nur innerhalb der ersten fünf Wochen und die Implantatverluste bei den Spätimplantaten sowohl anfangs als auch nach einigen Jahren auftraten. Die Ursache für den frühzeitigen Verlust der Implantate in beiden Gruppen beruhte auf fehlender Osseointegration. Für den späten Verlust waren periimplantäre Infektionen verantwortlich.

Bei der reinen Überlebensstatistik nach *Kaplan-Meier* und werden verschiedene klinische Parameter nicht berücksichtigt. Der Zustand der periimplantären Hart- und Weichgewebe und die funktionelle Nutzung des Implantates werden nicht mit in die Analyse einbezogen. Deshalb haben in den vergangenen Jahren einige Autoren weitere Erfolgskriterien entwickelt und mit in ihre Studien aufgenommen (Schnitman und Shulman 1980; Albrektsson et al. 1986; Buser et al. 1990; Jahn und d'Hoedt 1992; Naert et al. 1992). Trotzdem gibt es immer noch keinen einheitlichen internationalen Konsens, der einen differenzierten Vergleich der verschiedenen Studien erlaubt. Als Erfolgskriterien wurden für diese Untersuchung die Kriterien der ICOI (International Congress of Oral Implantologists) nach *Misch et al.* ausgewählt, da diese nicht nur den Erfolg und Misserfolg definieren, sondern den Implantationserfolg auch noch in eine vierstufige Erfolgsskala einordnen, welche eine noch präzisere Einteilung der Implantate ermöglicht (Misch et al. 2008).

Die Erfolgsquote dieser Studie lag unter Beachtung dieser Kriterien bei 94,16 % in der Gruppe „Success“ (vollständiger Erfolg), in der Gruppe „Satisfactory Survival“ (zufriedenstellendes Implantatüberleben) 1,95 % und in der Gruppe „Failure“ (Versagen bzw. Verlust) 3,9 %. Diese Ergebnisse differieren leicht von der vorher beschriebenen Erfolgsquote nach *Kaplan-Meier* aufgrund der Beachtung von mehreren Erfolgskriterien und nicht nur des Verlustes. *Misch et al.* definieren zusätzlich die Gruppe „Implantatüberleben“, in die Implantate mit periimplantärem Knochenverlust zwischen 2 mm und dem halbem Implantatkörper eingeordnet werden. Dabei gibt es zwei Untergruppen: „Satisfactory Survival“ – mit einem periimplantären Knochenabbau von 2 bis 4mm, der nicht therapiebedürftig ist, – und „Compromised Survival“ – mit einem periimplantären Knochenabbau von 4mm bis zur halben Länge des Implantates, welcher einer Behandlung bedarf. Nicht berücksichtigt wird der Zeitfaktor. Aus diesen Ergebnissen lässt sich folgern, dass bei den in der Studie verwendeten Implantaten hauptsächlich ein Erfolg vorliegt und in wenigen Fällen ein Misserfolg. Ausnahmen bilden die Implantate (n = 3) in der Gruppe des Implantatüberlebens. Wenn sich also ein periimplantäres Entzündungsgeschehen entwickelt, dann meist so stark, dass es zum Misserfolg führt.

Eine weitere aktuelle Studie über dentale Implantate im zahnlosen, posterioren Oberkiefer, die die Erfolgskriterien von *Misch et al.* verwendet hat, ist von *Brizuela et al.* (Brizuela et al. 2014). Hier wurde der Implantationserfolg von Implantaten mit Gewinde nach osteotomierter Sinusbodenelevation ohne Augmentation prospektiv über zwei Jahre bewertet. Der Implantationserfolg war mit 91,6 % nur marginal schlechter als in der vorliegenden Studie (94,16 %).

Bezüglich der implantatgetragenen Suprakonstruktionen gab es eine Erfolgsrate von 100 %. Die Explantationsursachen waren unabhängig von der Suprakonstruktion. Die Explantationen wurden in allen Fällen in der gleichen Sitzung und nach gründlicher Reinigung durch ein weiteres Implantat ersetzt – falls notwendig wurde mit den bereits erwähnten Knochenersatzmaterialien zwecks Augmentation gearbeitet.

### 4.8 Analyse der Misserfolge

Wie bereits im Kapitel „Überlebensstatistik“ beschrieben, mussten zwei Sofortimplantate aufgrund einer Lockerung bei einem Patienten fünf Wochen nach Insertion – vor der definitiven, prothetischen Versorgung – entfernt werden. Die beiden Implantate wurden (mit drei weiteren Implantaten in der interforaminären Region) in regio 32 und 42 verankert und osseointegrierten nicht. Die provisorische Versorgung erfolgte mittels eines „chair-side“ hergestellten, verblockten Brückenprovisoriums. Ein weiteres Sofortimplantat ging durch einen Abszess am Implantat fünf Wochen nach Insertion verloren. Das Implantat wurde regio 31 (mit drei weiteren Implantaten interforaminär) inseriert. Als Ursache für die fehlende Osseointegration ist entweder eine (unbewusste) Überlastung durch die Patienten anzunehmen, die letztendlich über mangelnde Ruhe während der sensiblen Einheilphase und daraus resultierender Lockerung, in einem Fall mit zusätzlicher Begleitinfektion, zur Entfernung der Implantate führte, oder wie bereits erwähnt die durch die Anatomie der Unterkieferfront bedingte höhere Dichte (D1) des Knochens, die ein erschwertes oder sogar ausbleibendes Einheilen bedingen kann.

Zwei explantierte Spätimplantate regio 25 und regio 16, die bei zwei verschiedenen Patienten inseriert wurden, mussten aufgrund der Diagnose „Periimplantitis“ explantiert werden. Die präimplantologisch erfolgte externe Sinusbodenelevation, die eingeschränkte Knochenqualität im Oberkiefer-Seitenzahnbereich und die Position der Implantate im Kaukraftzentrum hatten möglicherweise einen negativen Einfluss auf das horizontale Knochenniveau der Implantate. Eine weitere Ursache für die Periimplantitis ist aller Wahrscheinlichkeit nach auch mangelnde Mundhygiene, die umso schwerer für den Patienten ist, je weiter posterior sich die Implantate befinden. Bei einem von diesen Patienten wurde eine Periimplantitistherapie (Reinigung, Applikation eines lokalen Antibiotikums (Nebacetinsalbe)) vor der Explantation durchgeführt, aufgrund mangelnder Compliance aber ohne Erfolg. Acht Jahre nach Insertion musste das Implantat entfernt werden. Der andere Patient stellte sich erst in einem sehr späten Zustand der Periimplantitis vor und als einzige Therapie blieb die Explantation.

Das dritte Spätimplantat in der Region 26 wurde frühzeitig entfernt – bei ausbleibender Osseointegration und da das Implantat mobil und perkussionsempfindlich war. Auch hier ist eine zu hohe Belastung im Kauzentrum anzunehmen, bei nur eingeschränkter Qualität des Knochenlagers aufgrund der vorhergehenden Augmentation.

Die Implantate der Gruppe „Satisfactory Survival“ befinden sich interessanterweise in unmittelbarer Nachbarschaft der aufgrund von Periimplantitis explantierten Spätimplantate. Eines ist in regio 17, direkt neben dem Periimplantitisimplantat 16, das andere ist in regio 26 verankert, ebenfalls direkt neben dem Periimplantitisimplantat 25, und das letzte bei demselben Patienten in regio 16. Genau wie bei den Explantationen sind dies Fälle, bei denen im Vorfeld eine externe Sinusbodenelevation durchgeführt wurde, somit nur eine eingeschränkte Knochenqualität im Oberkiefer-Seitenzahnbereich vorliegt, die Implantate sich im Kaukraftzentrum befinden und mangelnde Mundhygiene erfolgte.

Eine weitere Ursache, weshalb die Spätimplantate mehr Misserfolge aufweisen als Sofortimplantate, ist in den Gruppengrößen begründet. Wie bereits erwähnt gab es in der vorliegenden Studie mehr als doppelt so viele Spätimplantate (70,9 %) wie Sofortimplantate (29,2 %).

### 4.9 Schlussfolgerung

Die vorliegende Studie zeigt, dass die Sofortbelastung bzw. Sofortversorgung unter Beachtung von verschiedenen Voraussetzungen ein bewährtes Verfahren zur dentalen Rehabilitation zahnloser Kiefer darstellt. Die zu beachtenden Voraussetzungen sind: die Anamnese, der lokale Befund am Insertionsort (Knochenqualität und -quantität und, davon abhängig, die Implantatanzahl), das erreichte Eindrehmoment (mindestens 25 N/cm) und die geplante Versorgung (festsitzend oder herausnehmbar).

Das XIVE®-Implantatsystem ist hervorragend geeignet zur Sofortversorgung im anspruchsvollen Bereich zahnloser Kiefer. Bei der Sofortbelastung sollten nach der Insertion und in der frühen Einheilphase die Manipulationen am Implantat auf ein Minimum beschränkt werden (z.B. Verzicht auf zusätzliche Abutmentwechsel). Durch polygonale Abstützung des Provisoriums auf den Implantaten findet eine Schubverteilung der Kaukräfte auf die einzelnen Implantatpfosten statt, die die statische Okklusion auffangen. Durch plan gestaltete Kauflächen können extraaxiale Belastungen vermieden werden. Die belastungsreduzierende provisorische Versorgung gibt dem Knochen die Möglichkeit der Belastungsadaptation durch Umbauvorgänge. Unterstützt wird dieser Prozess des „Knochen Trainings“ durch eine Eingliederung des definitiven Zahnersatzes nach ca. fünf Monaten „Einheilzeit“. Insbesondere in Fällen mit reduzierter Implantatanzahl, geringer Knochendichte und in Kombination mit oder nach augmentativen Verfahren ist oftmals eine noch längere Einheilzeit zu beachten (in meiner Studie bis zu acht Monate in der Mandibula und bis zu elf Monate in der Maxilla). Bei Einhaltung dieses Konzepts einer Sofortversorgung zahnloser Kiefer kann jedoch klinisch davon ausgegangen werden, dass eine ausreichende Mineralisierung des Implantat-Knochen-Interface vorliegt.

Alle Patienten in dieser retrospektiven Analyse wurden anhand eines standardisierten chirurgischen und prothetischen Protokolls für Sofort- und Spätimplantationen mit Sofortversorgung behandelt. Für die inserierten Sofort- und Spätimplantate stellte sich zu keinem Zeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied des marginalen Knochenabbaus bezüglich des Implantationszeitpunktes, der Implantationsregion, der Implantatlänge und des -durchmessers und auch der prä- beziehungsweise periimplantären Augmentation heraus.

Zusammenfassend ist herauszustellen, dass es in der vorliegenden Studie keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Sofortversorgung von sofort- und spätinserierten Implantaten im zahnlosen Kiefer gibt. Es besteht empirisch eine höhere Verlustgefahr bei sofortimplantierten und sofortversorgten Implantaten in der Unterkieferfront ( $n = 3$ ) und nach prä- und periimplantären augmentativen Verfahren im Oberkiefer ( $n = 3$ ). Die Unterschiede sind jedoch nicht statistisch signifikant (Implantationszeitpunkt  $p = 0,817$ , periimplantäre Augmentation  $p = 0,455$ , präimplantäre Augmentation  $p = 0,211$ ). Es ist zu erwähnen, dass nach präimplantären Augmentationen (externe Sinusbodenelevation) im Oberkiefer, vor allem bei der Verwendung des Knochenersatzmaterials Aligipore® in Kombination mit autogenem Knochen, in der vorliegenden Studie die Verlustquote („Failure“, 3 Fälle) sowie die Quote an eingeschränktem Überleben erhöht war („Satisfactory Survival“, 3 Fälle), wenn auch nicht signifikant höher im Vergleich zu den anderen benutzten Methoden ( $p = 0,211$ ). Dieses sollte in weiterführenden Studien überprüft werden. Wie bereits oben erwähnt, zeigten ebenso Implantate in der Unterkieferfront ein höheres Verlustrisiko durch fehlende Osseointegration, jedoch ohne statistische Signifikanz (Implantationsregion  $p = 0,254$ ). Als Ursache für die

bindegewebige Einheilung ist entweder eine (unbewusste) Überbelastung der Implantate durch den Patienten oder die verminderte Knochenqualität (D1-Knochen) anzunehmen.

Es obliegt dem behandelnden Arzt, den Patienten ausführlich über die Risiken einer Sofortimplantation mit Sofortversorgung, besonders in der Unterkieferfront, aufzuklären und ihn sorgfältig in der Nachsorge, vor allem im Bereich des posterioren Kiefers, zu instruieren. Eine Eingliederung der Implantatpatienten in ein Nachsorgesystem mit standardisiertem, aber auch ggf. individuell festgelegtem kürzeren Recall-Intervall ist als eine Grundvoraussetzung für langfristigen Implantaterfolg anzusehen.

Die in dieser Studie sofortversorgten XiVE®-Implantaten im zahnlosen Kiefer mit dem verwendeten chirurgisch-prothetischen Protokoll (Eindrehmoment  $\geq 25$  N/cm, Mindestimplantatanzahl von vier Implantaten im Unterkiefer und sechs Implantaten im Oberkiefer, Sofortversorgung mittels verblocktem „chair-side“-Provisorium) zeigten nach einem mittleren Zeitraum von acht Jahren eine Überlebensrate von 96,11 % mit einer Erfolgsrate von 94,16 %. Sofortversorgungen sowohl von Sofort- als auch von Spätimplantaten im zahnlosen Kiefer sind somit als sicheres Verfahren anzusehen.

### 5 Zusammenfassung

In der dentalen Implantologie galt lange Zeit eine drei- bis sechsmonatige belastungsfreie Einheilphase als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Osseointegration. Aktuelle Studien zeigen jedoch, dass unter Beachtung bestimmter Kriterien auch mit kürzeren Einheilzeiten und sogar Sofortversorgungen optimal zufriedenstellende Resultate erzielt werden können.

Ziel dieser Studie war die Evaluation des klinischen Erfolges der XiVE®-Implantate im zahnlosen Kiefer mit Sofortversorgung. Dabei wurden die Erfolgsraten sowie das periimplantäre Knochenniveau der untersuchten Patienten beurteilt.

Die Grundhypothese meiner retrospektiven Studie war, dass die Sofortversorgung im zahnlosen Kiefer und die Spätversorgung im zahnlosen Kiefer in Bezug auf die Erfolgsrate und das periimplantäre Knochenniveau gleichwertig sind.

Folgende Nebenhypothesen haben wir für diese Studie aufgestellt und untersucht:

- Der Implantationszeitpunkt hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die Implantatlänge und der -durchmesser haben keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die Implantationsregion hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die Art der prothetischen Versorgung hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die präimplantäre Augmentation hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.
- Die periimplantäre Augmentation hat keinen Einfluss auf das röntgenologische Knochenniveau.

Alle Patienten wurden anhand eines standardisierten chirurgisch-prothetischen Protokolls für Sofort- und Spätimplantationen mit Sofortversorgung behandelt. Das verwendete Protokoll führt zu folgenden Ergebnissen: Die Grundhypothese bestätigt sich aufgrund der Erfolgsstatistik von 94,16 %, die den Erfolgsraten der Spätbelastung in nichts nachsteht (siehe Kap. 4.7 „Beurteilung der Überlebenszeitanalyse und Erfolgsquote“). Es lässt sich feststellen, dass empirisch eine höhere Verlustgefahr bei sofortimplantierten und sofortversorgten Implantaten in der Unterkieferfront und nach prä- und periimplantären augmentativen Verfahren im Oberkiefer besteht. Es zeigt sich trotzdem für keine der oben aufgezählten Nebenhypothesen eine statistische Signifikanz bezüglich des periimplantären Knochenabbaus (Implantationszeitpunkt  $p = 0,817$ , periimplantäre Augmentation  $p = 0,455$ , präimplantäre Augmentation  $p = 0,211$ , Implantationsregion  $p = 0,254$ , Implantatlänge  $p = 0,094$ , Implantatdurchmesser  $p = 0,896$ , Art der prothetischen Versorgung  $p = 0,431$ ). Insgesamt lässt sich nur eine Veränderung des röntgenologischen Knochenniveaus über die Zeit ( $p < 0,001$ ) feststellen, der sich in einem linearen Abfall des röntgenologischen Knochenniveaus über den gesamten Untersuchungszeitraum darstellt lässt.

Die angewendeten Einschlusskriterien (Eindrehmoment  $\geq 25$  N/cm, Mindestimplantatanzahl von vier Implantaten im Unterkiefer und sechs Implantaten im Oberkiefer, Sofortversorgung mittels verblocktem „chair-side“-Provisorium) für die

## **Zusammenfassung**

---

Sofortversorgung von Implantaten im zahnlosen Kiefer führten zu einer Erfolgsrate von 94,16 %. Diese Erfolgsrate bestätigt die Grundhypothese einer Gleichwertigkeit von Sofort- und Spätversorgung.

### 6 Abkürzungsverzeichnis

ASS	Acetylsalicylsäure
BDO	Berufsverband Deutscher Oralchirurgen
ca.	circa
CBL	Crestal Bone Level
DFDBA	Demineralized Freeze-Dried Bone Allograft
DGI	Deutsche Gesellschaft für Implantologie
DGMKG	Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
DGZI	Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DIB	Distance Bone to Implant
Dr.	Doktor
Dr. rer. pol.	Doktor rerum politicarum (Doktor der Staatswissenschaft)
DVT	Digitale Volumentomographie
D1-D4	Knochenqualität 1 bis Knochenqualität 4
et al.	und andere
HA	Hydroxylapatit
ICOI	International Congress of Oral Implantologists
IL-1a	Interleukin 1 alpha
IL-1b	Interleukin 1 beta
IS	Implant Shoulder
ITI	International Team for Implantology
KEM	Knochenersatzmaterial
m	linearer Abfall
µm	Mikrometer
mg	Milligramm

## Abkürzungsverzeichnis

---

mm	Millimeter
N/cm	Newton pro Zentimeter
p	Signifikanz
Prof.	Professor
RKL	Resorptionsklassen
SLA	Sand-blasted, Large-grit, Acid-etched
SPSS	Statistic Package for Social Sciences
TPS	Titanplasma-spray
UK	Unterkiefer
z.B.	zum Beispiel



### 7 Literaturverzeichnis

- Abboud, M.; Koeck, B.; Stark, H.; Wahl, G.; Paillon, R. (2005): Immediate loading of single-tooth implants in the posterior region. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 20 (1), S. 61–68.
- Adell, R.; Lekholm, U.; Rockler, B.; Brånemark, P. I. (1981): A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. In: *Int J Oral Surg* 10 (6), S. 387–416.
- Aglietta, M.; Siciliano, V. I.; Zwahlen, M.; Bragger, U.; Pjetursson, B. E.; Lang, N. P.; Salvi, G. E. (2009): A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. In: *Clin Oral Implants Res* 20 (5), S. 441–451. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01706.x.
- Ahn, M.-R.; An, K.-M.; Choi, J.-H.; Sohn, D.-S. (2004): Immediate loading with mini dental implants in the fully edentulous mandible. In: *Implant Dent* 13 (4), S. 367–372.
- Aires, I.; Berger, J. (2002): Immediate placement in extraction sites followed by immediate loading: a pilot study and case presentation. In: *Implant Dent* 11 (1), S. 87–94.
- Albrektsson, T.; Zarb, G.; Worthington, P.; Eriksson, A. R. (1986): The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 1 (1), S. 11–25.
- Anitua, E.; Tapia, R.; Luzuriaga, F.; Orive, G. (2010): Influence of implant length, diameter, and geometry on stress distribution: a finite element analysis. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 30 (1), S. 89–95.
- Anner, R.; Better, H.; Chaushu, G. (2005): The clinical effectiveness of 6 mm diameter implants. In: *J Periodontol* 76 (6), S. 1013–1015. DOI: 10.1902/jop.2005.76.6.1013.
- Araújo, M. G.; Wennström, J. L.; Lindhe, J. (2006): Modeling of the buccal and lingual bone walls of fresh extraction sites following implant installation. In: *Clin Oral Implants Res* 17 (6), S. 606–614. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2006.01315.x.
- Arnaudow, M.; Garlichs, U. A. (1972): Endo-osseous implantation method of artificial tooth roots. In: *ZWR* 81 (7), S. 313–318.
- Atwood, D. A. (1971): Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. In: *J Prosthet Dent* 26 (3), S. 266–279.
- Atwood, D. A.; Coy, W. A. (1971): Clinical, cephalometric, and densitometric study of reduction of residual ridges. In: *J Prosthet Dent* 26 (3), S. 280–295.
- Babbush, C. A.; Kent, J. N.; Misiek, D. J. (1986): Titanium plasma-sprayed (TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. In: *J Oral Maxillofac Surg* 44 (4), S. 274–282.
- Balshi, T. J.; Wolfinger, G. J. (1997): Immediate loading of Brånemark implants in edentulous mandibles: a preliminary report. In: *Implant Dent* 6 (2), S. 83–88.
- Barbier, L.; Schepers, E. (1997): Adaptive bone remodeling around oral implants under axial and nonaxial loading conditions in the dog mandible. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 (2), S. 215–223.

- Barone, A.; Covani, U.; Cornelini, R.; Gherlone, E. (2003): Radiographic bone density around immediately loaded oral implants. In: *Clin Oral Implants Res* 14 (5), S. 610–615.
- Barone, A.; Crespi, R.; Aldini, N. N.; Fini, M.; Giardino, R.; Covani, U. (2005): Maxillary sinus augmentation: histologic and histomorphometric analysis. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 20 (4), S. 519–525.
- BDO, DGMKG, DGI, DGZI (2002): Die Indikationsklassen zur Implantattherapie nach dem „Konsensuspapier“ der Verbände BDO, DGMKG, DGI und DGZI. Online verfügbar unter <http://www.zwp-online.info/ressources/downloads/News/Indikationsklassen.pdf>, zuletzt geprüft am 01.07.2015.
- Behneke, A.; Behneke, N.; d'Hoedt, B. (2000): The longitudinal clinical effectiveness of ITI solid-screw implants in partially edentulous patients: a 5-year follow-up report. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 15 (5), S. 633–645.
- Behrens, E.; Kolenda, I. (2004): Langzeitergebnisse des ITI-implantatsystems. In: *Implantologie* (2), S. 25.
- Block, M. S.; Mercante, D. E.; Lirette, D.; Mohamed, W.; Ryser, M.; Castellon, P. (2009): Prospective evaluation of immediate and delayed provisional single tooth restorations. In: *J Oral Maxillofac Surg* 67 (11 Suppl), S. 89–107. DOI: 10.1016/j.joms.2009.07.009.
- Bornstein, M. M.; Al-Nawas, B.; Kuchler, U.; Tahmaseb, A. (2014): Consensus statements and recommended clinical procedures regarding contemporary surgical and radiographic techniques in implant dentistry. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 29 Suppl, S. 78–82. DOI: 10.11607/jomi.2013.g1.
- Boyne, P. J.; James, R. A. (1980): Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone. In: *J Oral Surg* 38 (8), S. 613–616.
- Boyne, P. J.; Marx, R. E.; Nevins, M.; Triplett, G.; Lazaro, E.; Lilly, L. C. et al. (1997): A feasibility study evaluating rhBMP-2/absorbable collagen sponge for maxillary sinus floor augmentation. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 17 (1), S. 11–25.
- Brägger, U. (1994): Radiographic parameters for the evaluation of peri-implant tissues. In: *Periodontol* 2000 4, S. 87–97.
- Brånemark, P. I. (1983): Osseointegration and its experimental background. In: *J Prosthet Dent* 50 (3), S. 399–410.
- Brånemark, P. I. (1985): Gewebeintegrierter Zahnersatz: Osseointegration in klinischer Zahnheilkunde. In: *Quintessenz*, S. 11–76.
- Brånemark, P. I.; Adell, R.; Breine, U.; Hansson, B. O.; Lindstrom, J.; Ohlsson, A. (1969): Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies. In: *Scand J Plast Reconstr Surg* 3 (2), S. 81–100.
- Brånemark, P. I.; Engstrand, P.; Ohrnell, L. O.; Grondahl, K.; Nilsson, P.; Hagberg, K. et al. (1999): Brånemark Novum: a new treatment concept for rehabilitation of the edentulous mandible. Preliminary results from a prospective clinical follow-up study. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 1 (1), S. 2–16.

- Brånemark, P. I.; Hansson, B. O.; Adell, R.; Breine, U.; Lindstrom, J.; Hallen, O.; Ohman, A. (1977): Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. In: *Scand J Plast Reconstr Surg Suppl* 16, S. 1–132.
- Brizuela, A.; Martin, N.; Fernandez-Gonzalez, F. J.; Larrazabal, C.; Anta, A. (2014): Osteotome sinus floor elevation without grafting material: Results of a 2-year prospective study. In: *J Clin Exp Dent* 6 (5), S. e479-84. DOI: 10.4317/jced.51576.
- Brunski, J. B. (1991): "Influence of biomechanical factors at the bone-biomaterial interface.". *The bone-biomaterial interface* 2, S. 391–403.
- Brunski, J. B. (1993): Avoid pitfalls of overloading and micromotion of intraosseous implants. In: *Dent Implantol Update* 4 (10), S. 77–81.
- Brunski, J. B. (1999): In vivo bone response to biomechanical loading at the bone/dental-implant interface. In: *Adv Dent Res* 13, S. 99–119.
- Brunski, J. B.; Moccia, A F Jr; Pollack, S. R.; Korostoff, E.; Trachtenberg, D. I. (1979): The influence of functional use of endosseous dental implants on the tissue-implant interface. II. Clinical aspects. In: *J Dent Res* 58 (10), S. 1970–1980.
- Buchs, A. U.; Levine, L.; Moy, P. (2001): Preliminary report of immediately loaded Altiva Natural Tooth Replacement dental implants. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 3 (2), S. 97–106.
- Buser, D.; Arx, T. von; Bruggenkate, C. ten; Weingart, D. (2000): Basic surgical principles with ITI implants. In: *Clin Oral Implants Res* 11 Suppl 1, S. 59–68.
- Buser, D.; Dula, K.; Hirt, H. P.; Schenk, R. K. (1996): Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: a clinical study with 40 partially edentulous patients. In: *J Oral Maxillofac Surg* 54 (4), S. 420-32; discussion 432-3.
- Buser, D.; Nydegger, T.; Hirt, H. P.; Cochran, D. L.; Nolte, L. P. (1998): Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 (5), S. 611–619.
- Buser, D.; Weber, H. P.; Lang, N. P. (1990): Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. In: *Clin Oral Implants Res* 1 (1), S. 33–40.
- Cameron, H. U.; Pilliar, R. M.; MacNab, I. (1973): The effect of movement on the bonding of porous metal to bone. In: *J Biomed Mater Res* 7 (4), S. 301–311. DOI: 10.1002/jbm.820070404.
- Canullo, L.; Fedele, G.R.i; Iannello, G.; Jepsen, S. (2010): Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. In: *Clin Oral Implants Res* 21 (1), S. 115–121. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01867.x.
- Canullo, L.; Goglia, G.; Iurlaro, G.; Iannello, G. (2009): Short-term bone level observations associated with platform switching in immediately placed and restored single maxillary implants: a preliminary report. In: *Int J Prosthodont* 22 (3), S. 277–282.
- Carvalho, P. de; Vasconcellos, L. W.; Pi, J. (2000): Influence of bed preparation on the incorporation of autogenous bone grafts: a study in dogs. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 15 (4), S. 565–570.

- Cehreli, M. C.; Karasoy, D.; Kokat, A. M.; Akca, K.; Eckert, S. E. (2010): Systematic review of prosthetic maintenance requirements for implant-supported overdentures. In: *The International journal of oral & maxillofacial implants* 25 (1), S. 163–180.
- Chaushu, G.; Chaushu, S.; Tzohar, A.; Dayan, D. (2001): Immediate loading of single-tooth implants: immediate versus non-immediate implantation. A clinical report. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 16 (2), S. 267–272.
- Chercheve, R. (1962): Les implants endo-osseux. In: *Paris: Librairie Maloine, SA*, S. 127–138.
- Chiapasco, M.; Gatti, C.; Gatti, F. (2007): Immediate loading of dental implants placed in severely resorbed edentulous mandibles reconstructed with autogenous calvarial grafts. In: *Clin Oral Implants Res* 18 (1), S. 13–20. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2006.01293.x.
- Chiapasco, M.; Gatti, C.; Rossi, E.; Haefliger, W.; Markwalder, T. H. (1997): Implant-retained mandibular overdentures with immediate loading. A retrospective multicenter study on 226 consecutive cases. In: *Clin Oral Implants Res* 8 (1), S. 48–57.
- Cochran, D. L.; Schenk, R. K.; Lussi, A.; Higginbottom, F. L.; Buser, D. (1998): Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a histometric study in the canine mandible. In: *J Biomed Mater Res* 40 (1), S. 1–11.
- Cochran, D.L.; Morton, D.; Weber, H.-P. (2004): Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 19 Suppl, S. 109–113.
- Davies, J. E. (1996): In vitro modeling of the bone/implant interface. In: *Anat Rec* 245 (2), S. 426–445. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0185(199606)245:2<426::AID-AR21>3.0.CO;2-Q.
- Davies, J. E. (1998): Mechanisms of endosseous integration. In: *Int J Prosthodont* 11 (5), S. 391–401.
- Davies, J. E. (2003): Understanding peri-implant endosseous healing. In: *J Dent Educ* 67 (8), S. 932–949.
- Degidi, M.; Iezzi, G.; Perrotti, V.; Piattelli, A. (2009): Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: a 5-year follow-up of 550 dental implants. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 11 (4), S. 257–266. DOI: 10.1111/j.1708-8208.2008.00117.x.
- Degidi, M.; Nardi, D.; Piattelli, A. (2015): 10-year prospective cohort follow-up of immediately restored XiVE implants. In: *Clinical Oral Implants Research*. DOI: 10.1111/clr.12642.
- Degidi, M.; Petrone, G.; Iezzi, G.; Piattelli, A. (2003): Histologic evaluation of 2 human immediately loaded and 1 titanium implants inserted in the posterior mandible and submerged retrieved after 6 months. In: *J Oral Implantol* 29 (5), S. 223–229. DOI: 10.1563/1548-1336(2003)029<0223:HEOHIL>2.3.CO;2.
- Degidi, M.; Piattelli, A. (2003): Immediate functional and non-functional loading of dental implants: a 2- to 60-month follow-up study of 646 titanium implants. In: *J Periodontol* 74 (2), S. 225–241. DOI: 10.1902/jop.2003.74.2.225.

- Degidi, M.; Piattelli, A. (2005): Comparative analysis study of 702 dental implants subjected to immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods with a follow-up of up to 24 months. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 20 (1), S. 99–107.
- Degidi, M.; Piattelli, A.; Iezzi, G.; Carinci, F. (2007): Immediately loaded short implants: analysis of a case series of 133 implants. In: *Quintessence Int* 38 (3), S. 193–201.
- Degidi, M.; Scarano, A.; Piattelli, M.; Perrotti, V.; Piattelli, A. (2005): Bone remodeling in immediately loaded and unloaded titanium dental implants: a histologic and histomorphometric study in humans. In: *J Oral Implantol* 31 (1), S. 18–24. DOI: 10.1563/0-717.1.
- Del Fabbro, M.; Testori, T.; Francetti, L.; Taschieri, S.; Weinstein, R. (2006): Systematic review of survival rates for immediately loaded dental implants. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 26 (3), S. 249–263.
- Del Fabbro, M.; Testori, T.; Francetti, L.; Weinstein, R. (2004): Systematic review of survival rates for implants placed in the grafted maxillary sinus. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 24 (6), S. 565–577.
- Dentsply Implants (2013): The latest product news from DENTSPLY Implants – the new powerhouse in implant dentistry. Online verfügbar unter <http://www.mynewsdesk.com/dentsplyimplants/pressreleases/the-latest-product-news-from-dentsply-implants-the-new-powerhouse-in-implant-dentistry-844204>, zuletzt geprüft am 01.07.2015.
- Dentsply Implants (2014a): Chirurgie Manual. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Product/1224639%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 22.07.2015.
- Dentsply Implants (2014b): Chirurgie Manual. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Product/1224639%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 22.07.2015.
- Dentsply Implants (2014c): Chirurgie Manual. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Product/1224639%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 22.07.2015.
- Dentsply Implants (2014d): Chirurgie Manual. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Product/1224639%20XiVE%20Surgical%20Manual.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 22.07.2015.
- Dentsply Implants (2014e): Implantology Unlimited. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Branding/1224634%20System%20Brochure%20XiVE.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 07.07.2015.

- Dentsply Implants (2014f): Implantology Unlimited. XiVE®. Online verfügbar unter <http://www.dentsplyimplants.de/~media/M3%20Media/DENTSPLY%20IMPLANTS/Branding/1224634%20System%20Brochure%20XiVE.ashx?filetype=.pdf>, zuletzt geprüft am 07.07.2015.
- DGZMK; DGI (2005): Implantologie in der Zahnheilkunde. Wissenschaftliche Stellungnahme. Hg. v. D. G.I. DGZMK. Online verfügbar unter [http://www.dgzmk.de/uploads/tx\\_szdgzmkdocuments/ALT\\_Implantologie\\_in\\_der\\_Zahnheilkunde\\_2005.pdf?PHPSESSID=f04391b1c3fd70dd2524fab21c3280b9](http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/ALT_Implantologie_in_der_Zahnheilkunde_2005.pdf?PHPSESSID=f04391b1c3fd70dd2524fab21c3280b9), zuletzt geprüft am 21.07.2015.
- DGZMK Stellungnahme (1998): Implantologie in der Zahnheilkunde. In: *DDZ* 53, S. 563.
- Di Iorio, D.; Traini, T.; Degidi, M.; Caputi, S.; Neugebauer, J.; Piattelli, A. (2005): Quantitative evaluation of the fibrin clot extension on different implant surfaces: an in vitro study. In: *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 74 (1), S. 636–642. DOI: 10.1002/jbm.b.30251.
- Duncan, R. L.; Turner, C. H. (1995): Mechanotransduction and the functional response of bone to mechanical strain. In: *Calcif Tissue Int* 57 (5), S. 344–358.
- Ehmke, B.; Flemmig, T. F. (1998): "Knochen und Knochenersatzmaterialien zur parodontalen Regeneration.". Gemeinsame Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie (DGP) und der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (DGZMK) 8 (98), S. 141–142.
- Ellingsen, J. E. (1998): Surface configurations of dental implants. In: *Periodontol* 2000 17, S. 36–46.
- Elsyad, M. A.; Gebreel, A. A.; Fouad, M. M.; Elshoukoui, A. H. (2011): The clinical and radiographic outcome of immediately loaded mini implants supporting a mandibular overdenture. A 3-year prospective study. In: *J Oral Rehabil* 38 (11), S. 827–834. DOI: 10.1111/j.1365-2842.2011.02213.x.
- Esposito, M.; Grusovin, M. G.; Maghahre, H.; Worthington, H. V. (2013): Interventions for replacing missing teeth: different times for loading dental implants. In: *Cochrane Database Syst Rev* 3, S. CD003878. DOI: 10.1002/14651858.CD003878.pub5.
- Esposito, M.; Grusovin, M. G.; Polyzos, I. P.; Felice, P.; Worthington, H. V. (2010): Interventions for replacing missing teeth: dental implants in fresh extraction sockets (immediate, immediate-delayed and delayed implants). In: *Cochrane Database Syst Rev* (9), S. CD005968. DOI: 10.1002/14651858.CD005968.pub3.
- Fallschüssel, G. K. (1986): Zahnärztliche Implantologie - Wissenschaft und Praxis. In: *Quintessenz Verlag*.
- Flanagan, D.; Ilies, H.; McCullough, P.; McQuoid, S. (2008): Measurement of the fatigue life of mini dental implants: a pilot study. In: *J Oral Implantol* 34 (1), S. 7–11. DOI: 10.1563/1548-1336(2008)34[7:MOTFLO]2.0.CO;2.
- Flanagan, D.; Mascolo, A. (2011): The mini dental implant in fixed and removable prosthetics: a review. In: *J Oral Implantol* 37 Spec No, S. 123–132. DOI: 10.1563/AAID-JOI-D-10-00052.1.
- Formigini, M. S. (1947): "Protesi dentaria a mezzo di infibulazione diretta endoalveolare.". In: *Riv Ital Stomat* (2), S. 193.

- Frost, H. M. (1990): Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law: the bone modeling problem. In: *Anat Rec* 226 (4), S. 403–413. DOI: 10.1002/ar.1092260402.
- Froum, S. J.; Tarnow, D. P.; Wallace, S. S.; Rohrer, M. D.; Cho, S. C. (1998): Sinus floor elevation using anorganic bovine bone matrix (OsteoGraf/N) with and without autogenous bone: a clinical, histologic, radiographic, and histomorphometric analysis--Part 2 of an ongoing prospective study. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 18 (6), S. 528–543.
- Ganeles, J.; Rosenberg, M. M.; Holt, R. L.; Reichman, L. H. (2001): Immediate loading of implants with fixed restorations in the completely edentulous mandible: report of 27 patients from a private practice. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 16 (3), S. 418–426.
- Ganeles, J.; Wismeijer, D. (2004): Early and immediately restored and loaded dental implants for single-tooth and partial-arch applications. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 19 Suppl, S. 92–102.
- Gernreich, N. C.; Gerhardus, A.; Velasco-Garrido, M. (2003): Knochen-und Knochenersatzmaterialien zur parodontalen Regeneration und zum Knochenaufbau für Implantate: eine systematische Bewertung der medizinischen Wirksamkeit. In: *Asgard-Verlag*.
- Gómez-Román, G.; d'Hoedt, B.; Axmann, D.; Schulte, W. (1996): Visual-metric measurement of periimplant bone defects on radiographs. In: *Z Zahnärztl Implantol* 12, S. 104–109.
- Goodman, S.; Aspenberg, P. (1993): Effects of mechanical stimulation on the differentiation of hard tissues. In: *Biomaterials* 14 (8), S. 563–569.
- Gross, J. S. (1997): Bone grafting materials for dental applications: a practical guide. In: *Compend Contin Educ Dent* 18 (10), S. 1013-8, 1020-2, 1024, passim; quiz.
- Größner-Schreiber, B.; Tuan, R. S. (1991): Die Bedeutung der Oberfläche von Titanimplantaten im Osseointegrationsvorgang. In: *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 46, S. 10.
- Gruber, H.; Solar, P.; Ulm, C. W. (1993a): Enossale Implantologie in der oralen Chirurgie. Abbildung "Resorptionsklassen Unterkiefer". In: *Quintessenz Verlag*, S. 53.
- Gruber, H.; Solar, P.; Ulm, C. W. (1993b): Enossale Implantologie in der oralen Chirurgie. Abbildung "Resorptionsklassen Oberkiefer". In: *Quintessenz Verlag*, S. 46.
- Haessler, D.; Vizethum, F.; Zoellner, J. E. (1995): Autogene Knochentransplantation mit Hilfe eines Spankollektors - eine Methodenbeschreibung. In: *Implantologie* 4, S. 315–322.
- Hallman, M.; Hedin, M.; Sennerby, L.; Lundgren, S. (2002): A prospective 1-year clinical and radiographic study of implants placed after maxillary sinus floor augmentation with bovine hydroxyapatite and autogenous bone. In: *J Oral Maxillofac Surg* 60 (3), S. 277–84; discussion 285-6.
- Hansson, S.; Werke, M. (2003): The implant thread as a retention element in cortical bone: the effect of thread size and thread profile: a finite element study. In: *J Biomech* 36 (9), S. 1247–1258.

- Heinemann, F.; Hasan, I.; Bourauel, C.; Biffar, R.; Mundt, T. (2015): Bone stability around dental implants: Treatment related factors. In: *Ann Anat*. DOI: 10.1016/j.aanat.2015.02.004.
- Heitz-Mayfield, L.J.A.; Huynh-Ba, G. (2009): History of treated periodontitis and smoking as risks for implant therapy. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 24 Suppl, S. 39–68.
- Hess, P.; Thiele, P. P.; Nentwig, G. H. (2007): Early loading and bone training of implants inserted by postdocs. In: *Clin Oral Implants Res* 18.
- Hess, P.; Trimpou, G.; Nentwig, G. H. (2006): Early loading and bone training of Ankylos implants: first results. In: *Clin Oral Implants Res* 17.
- Hesse, H.; Hesse, C.; Guthardt, R. (2011): Knochenaufbau (am Bsp. des externen Sinuslift). Hg. v. H. Hesse, C. Hesse und R. Guthardt. Dres. Hesse & Dr. Guthardt (Soltau). Online verfügbar unter [http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.dres-hesse.de%2Ffiles%2F653%2Fupload%2FKnochenaufbau%2Fsinus.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.dres-hesse.de%2Fde%2F9729-Knochenaufbau&h=205&w=289&tbid=e3WOJrNI0Y6WuM%3A&zoom=1&docid=OMEf1EnNnHzzpM&ei=XtAXVbakOZLcau2\\_gNgJ&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=458&page=4&start=72&ndsp=25&ved=0CKACEK0DMFM](http://www.google.de/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fwww.dres-hesse.de%2Ffiles%2F653%2Fupload%2FKnochenaufbau%2Fsinus.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.dres-hesse.de%2Fde%2F9729-Knochenaufbau&h=205&w=289&tbid=e3WOJrNI0Y6WuM%3A&zoom=1&docid=OMEf1EnNnHzzpM&ei=XtAXVbakOZLcau2_gNgJ&tbm=isch&iact=rc&uact=3&dur=458&page=4&start=72&ndsp=25&ved=0CKACEK0DMFM), zuletzt geprüft am 20.08.2015.
- Horch, H. H.; Pautke, C. (2006): Regeneration statt Reparatur. In: *Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie* 10 (4), S. 213–220.
- Horiuchi, K.; Uchida, H.; Yamamoto, K.; Sugimura, M. (2000): Immediate loading of Branemark system implants following placement in edentulous patients: a clinical report. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 15 (6), S. 824–830.
- Huemer, P.; Huemer, B.; Gollmitzer, I. (2013): Miniimplantate – Möglichkeiten und Grenzen im zahnlosen Unterkiefer. In: *Quintessenz* 64 (3), S. 315–325.
- Hultin, M.; Fischer, J.; Gustafsson, A.; Kallus, T.; Klinge, B. (2000): Factors affecting late fixture loss and marginal bone loss around teeth and dental implants. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 2 (4), S. 203–208.
- Hurzeler, M. B.; Kirsch, A.; Ackermann, K. L.; Quinones, C. R. (1996): Reconstruction of the severely resorbed maxilla with dental implants in the augmented maxillary sinus: a 5-year clinical investigation. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 11 (4), S. 466–475.
- Imburgia, M.; Del Fabbro, M. (2015): Long-Term Retrospective Clinical and Radiographic Follow-up of 205 Branemark System Mk III TiUnite Implants Submitted to Either Immediate or Delayed Loading. In: *Implant dentistry*. DOI: 10.1097/ID.0000000000000265.
- Jahn, M.; d’Hoedt, B. (1992): Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. Ein Vergleich verschiedener Kriterien. In: *Z Zahnärztl Implantol* 8, S. 221–226.
- Jensen, O. T.; Greer, R. (1992): Immediate placement of osseointegrating implants into the maxillary sinus augmented with mineralized cancellous allograft and Gore-Tex: Second-stage surgical and histological findings. Tissue integration in oral, orthopedic, and maxillofacial reconstruction. In: *Chicago: Quintessence*, S. 321–333.



- Jofre, J.; Hamada, T.; Nishimura, M.; Klattenhoff, C. (2010): The effect of maximum bite force on marginal bone loss of mini-implants supporting a mandibular overdenture: a randomized controlled trial. In: *Clin Oral Implants Res* 21 (2), S. 243–249. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01834.x.
- Joos, U.; Piffkò, J.; Meyer, U. (2001): "Neue Aspekte in der Versorgung von Unterkieferfrakturen.". In: *Mund-, Kiefer-und Gesichtschirurgie* 5 (1), S. 2–16.
- Jung, R. E.; Pjetursson, B. E.; Glauser, R.; Zembic, A.; Zwahlen, M.; Lang, N. P. (2008): A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. In: *Clinical Oral Implants Research* 19 (2), S. 119–130. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2007.01453.x.
- Kaplan, E. L.; Meier, P. (1958): Nonparametric estimation from incomplete observations. In: *Journal of the American statistical association* 53 (282), S. 457–481.
- Kawahara, H.; Kawahara, D.; Hayakawa, M.; Tamai, Y.; Kuremoto, T.; Matsuda, S. (2003): Osseointegration under immediate loading: biomechanical stress-strain and bone formation--resorption. In: *Implant Dent* 12 (1), S. 61–68.
- Khoury, F. (1987): "Die modifizierte Alveolar-Extensions-Plastik.". In: *Z Zahnarzt Implanto* 3, S. 174-178.
- Khoury, F. (1999): Augmentation of the sinus floor with mandibular bone block and simultaneous implantation: a 6-year clinical investigation. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 14 (4), S. 557–564.
- Kieswetter, K.; Schwartz, Z.; Dean, D. D.; Boyan, B. D. (1996): The role of implant surface characteristics in the healing of bone. In: *Crit Rev Oral Biol Med* 7 (4), S. 329–345.
- King, G. N.; Hermann, J. S.; Schoolfield, J. D.; Buser, D.; Cochran, D. L. (2002): Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants: a radiographic study in the canine mandible. In: *J Periodontol* 73 (10), S. 1111–1117. DOI: 10.1902/jop.2002.73.10.1111.
- Kornmann, F. (2010): "Sofortige provisorische Versorgung bzw. Belastung nach Sofort- und/oder Spätimplantation.". In: *Quintessenz* 61 (6), S. 699–707.
- Kreissl, M. E.; Gerds, T.; Muche, R.; Heydecke, G.; Strub, J. R. (2007): Technical complications of implant-supported fixed partial dentures in partially edentulous cases after an average observation period of 5 years. In: *Clinical Oral Implants Research* 18 (6), S. 720–726. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2007.01414.x.
- Lazzara, R. J. (1989): Immediate implant placement into extraction sites: surgical and restorative advantages. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 9 (5), S. 332–343.
- Lazzara, R. J. (1993): Effect of implant position on implant restoration design. In: *J Esthet Dent* 5 (6), S. 265–269.
- Ledermann, P. D. (1979): Stegprothetische Versorgung des zahnlosen Unterkiefers mit Hilfe von plasmabeschichteten Titanschraubenimplantaten. In: *Dtsch Zahnärztl* (34), S. 907–911.
- Ledermann, P. D. (1984): Das TPS-Schraubeimplantat nach siebenjähriger Anwendung. In: *Quintessenz* 30, S. 1–11.

- Lundgren, S.; Moy, P.; Johansson, C.; Nilsson, H. (1996): Augmentation of the maxillary sinus floor with particulated mandible: a histologic and histomorphometric study. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 11 (6), S. 760–766.
- Maggiolo, G. (1809): Manuel de l'art dentaire.
- Meijer, H.; Raghoobar, G. M.; Batenburg, R. H K; Visser, A.; Vissink, A. (2009): Mandibular overdentures supported by two or four endosseous implants: a 10-year clinical trial. In: *Clinical Oral Implants Research* 20 (7), S. 722–728. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2009.01710.x.
- Misch, C. E. (1990): Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive boen loading. In: *Int J Oral Implantol* 6 (2), S. 23–31.
- Misch, C. E.; Hahn, J.; Judy, K. W.; Lemons, J. E.; Linkow, L. I.; Lozada, J. L. et al. (2004): Workshop guidelines on immediate loading in implant dentistry. November 7, 2003. In: *J Oral Implantol* 30 (5), S. 283–288. DOI: 10.1563/0722.1.
- Misch, C. E.; Perel, M. L.; Wang, H.-L.; Sammartino, G.; Galindo-Moreno, P.; Trisi, P. et al. (2008): Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. In: *Implant Dent* 17 (1), S. 5–15. DOI: 10.1097/ID.0b013e3181676059.
- Mombelli, A.; Lang, N. P. (1994): Clinical parameters for the evaluation of dental implants. In: *Periodontol 2000* 4, S. 81–86.
- Moraschini, V.; Porto Barboza, E. (2015): Immediate versus conventional loaded single implants in the posterior mandible: a meta-analysis of randomized controlled trials. In: *International journal of oral and maxillofacial surgery*. DOI: 10.1016/j.ijom.2015.07.014.
- Naert, I.; Clercq, M. de; Theuniers, G.; Schepers, E. (1988): Overdentures supported by osseointegrated fixtures for the edentulous mandible: a 2.5-year report. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 3 (3), S. 191–196.
- Naert, I.; Quirynen, M.; van Steenberghe, D.; Darius, P. (1992): A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. In: *J Prosthet Dent* 67 (2), S. 236–245.
- Nentwig, G. H.; Romanos, G. E. (2002): Sofortversorgung von enossalen Implantaten - Literaturübersicht und eigene Erfahrungen. In: *Implantologie* 10, S. 53–66.
- Nentwig, H. G. (1996): "Knochenspreizung und Knochenkondensierung zur Verbesserung des Implantatlagers." In: *Quintessenz* 47, S. 7–17.
- Neugebauer, J.; Oh, J. H.; Scheer, M.; Kübler, A. C. (2003): Wirkung von Knochenersatzmaterialien auf die Osteoblastenproliferation. In: *ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt* 112 (07/08), S. 311–318.
- Neugebauer, J.; Weinlander, M.; Lekovic, V.; von Berg, K.-H. L.; Zoeller, J. E. (2009): Mechanical stability of immediately loaded implants with various surfaces and designs: a pilot study in dogs. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 24 (6), S. 1083–1092.
- Neukam, F. W.; Schultze-Mosgau, S. (2004): Implantate bei ausgedehnten Knochendefiziten. In: *Implantologie. Urban & Fischer, München Jena*, S. 184–228.

- Nkenke, E.; Lehner, B.; Weinzierl, K.; Thams, U.; Neugebauer, J.; Steveling, H. et al. (2003): Bone contact, growth, and density around immediately loaded implants in the mandible of mini pigs. In: *Clin Oral Implants Res* 14 (3), S. 312–321.
- Nygren, H.; Tengvall, P.; Lundstrom, I. (1997): The initial reactions of TiO<sub>2</sub> with blood. In: *J Biomed Mater Res* 34 (4), S. 487–492.
- Ormianer, Z.; Palti, A.; Shifman, A. (2006): Survival of immediately loaded dental implants in deficient alveolar bone sites augmented with beta-tricalcium phosphate. In: *Implant Dent* 15 (4), S. 395–403. DOI: 10.1097/01.id.0000239316.82325.8c.
- Osborn, J. F. (1985a): Extension alveoloplasty (I). New surgical procedures for the treatment of alveolar collapse and residual alveolar ridge atrophy. In: *Quintessenz* 36 (1), S. 9–16.
- Osborn, J. F. (1985b): Extension alveoloplasty (II). New surgical procedures for the treatment of alveolar collapse and residual alveolar ridge atrophy. In: *Quintessenz* 36 (2), S. 239–246.
- Ostman, P.-O.; Hellman, M.; Sennerby, L. (2005): Direct implant loading in the edentulous maxilla using a bone density-adapted surgical protocol and primary implant stability criteria for inclusion. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 7 Suppl 1, S. S60-9.
- Paolantonio, M.; Dolci, M.; Scarano, A.; d'Archivio, D.; Di Placido, G.; Tumini, V.; Piattelli, A. (2001): Immediate implantation in fresh extraction sockets. A controlled clinical and histological study in man. In: *J Periodontol* 72 (11), S. 1560–1571. DOI: 10.1902/jop.2001.72.11.1560.
- Patra, A. K.; DePaolo, J. M.; D'Souza, K. S.; DeTolla, D.; Meenaghan, M. A. (1998): Guidelines for analysis and redesign of dental implants. In: *Implant Dent* 7 (4), S. 355–368.
- Penarrocha, M.; Boronat, A.; Garcia, B. (2009): Immediate loading of immediate mandibular implants with a full-arch fixed prosthesis: a preliminary study. In: *J Oral Maxillofac Surg* 67 (6), S. 1286–1293. DOI: 10.1016/j.joms.2008.12.024.
- Pjetursson, B. E.; Bragger, U.; Lang, N. P.; Zwahlen, M. (2007): Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). In: *Clinical Oral Implants Research* 18 Suppl 3, S. 97–113. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2007.01439.x.
- Raghavendra, S.; Wood, M. C.; Taylor, T. D. (2005): Early wound healing around endosseous implants: a review of the literature. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 20 (3), S. 425–431.
- Rasmusson, L.; Kahnberg, K. E.; Tan, A. (2001): Effects of implant design and surface on bone regeneration and implant stability: an experimental study in the dog mandible. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 3 (1), S. 2–8.
- Rentsch-Kollar, A.; Huber, S.; Mericske-Stern, R. (2010): Mandibular implant overdentures followed for over 10 years: patient compliance and prosthetic maintenance. In: *The International journal of prosthodontics* 23 (2), S. 91–98.

- Rocci, A.; Martignoni, M.; Burgos, P. M.; Gottlow, J.; Sennerby, L. (2003): Histology of retrieved immediately and early loaded oxidized implants: light microscopic observations after 5 to 9 months of loading in the posterior mandible. In: *Clin Implant Dent Relat Res* 5 Suppl 1, S. 88–98.
- Roccuzzo, M.; Bunino, M.; Prioglio, F.; Bianchi, S. D. (2001): Early loading of sandblasted and acid-etched (SLA) implants: a prospective split-mouth comparative study. In: *Clinical Oral Implants Research* (12), S. 572–578.
- Romanos, G. E. (2003): Treatment of advanced periodontal destruction with immediately loaded implants and simultaneous bone augmentation: a case report. In: *J Periodontol* 74 (2), S. 255–261. DOI: 10.1902/jop.2003.74.2.255.
- Romanos, G. E. (2004): Present status of immediate loading of oral implants. In: *J Oral Implantol* 30 (3), S. 189–197. DOI: 10.1563/1548-1336(2004)30<189:PSOILO>2.0.CO;2.
- Romanos, G. E. (2005): Sofortbelastung von enossalen Implantaten im Seitenzahnbereich des Unterkiefers: tierexperimentelle und klinische Studien. In: *Quintessenz Verlag*.
- Romanos, G. E.; Aydin, E.; Locher, K.; Nentwig, G.-H. (2014): Immediate vs. delayed loading in the posterior mandible: a split-mouth study with up to 15 years of follow-up. In: *Clinical Oral Implants Research*. DOI: 10.1111/clr.12542.
- Romanos, G. E.; Testori, T.; Degidi, M.; Piattelli, A. (2005): Histologic and histomorphometric findings from retrieved, immediately occlusally loaded implants in humans. In: *J Periodontol* 76 (11), S. 1823–1832. DOI: 10.1902/jop.2005.76.11.1823.
- Romanos, G. E.; Toh, C. G.; Siar, C. H.; Swaminathan, D. (2002): Histologic and histomorphometric evaluation of peri-implant bone subjected to immediate loading: an experimental study with *Macaca fascicularis*. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 17 (1), S. 44–51.
- Romanos, G. E.; Toh, C. G.; Siar, C. H.; Wicht, H.; Yacoob, H.; Nentwig, G.-H. (2003): Bone-implant interface around titanium implants under different loading conditions: a histomorphometrical analysis in the *Macaca fascicularis* monkey. In: *J Periodontol* 74 (10), S. 1483–1490. DOI: 10.1902/jop.2003.74.10.1483.
- Rominger, J. W.; Triplett, R. G. (1994): The use of guided tissue regeneration to improve implant osseointegration. In: *J Oral Maxillofac Surg* 52 (2), S. 106-12; discussion 112-3.
- Rosen, P. S.; Summers, R.; Mellado, J. R.; Salkin, L. M.; Shanaman, R. H.; Marks, M. H.; Fugazzotto, P. A. (1999): The bone-added osteotome sinus floor elevation technique: multicenter retrospective report of consecutively treated patients. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 14 (6), S. 853–858.
- Rouck, T. de; Collys, K.; Cosyn, J. (2008): Single-tooth replacement in the anterior maxilla by means of immediate implantation and provisionalization: a review. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 23 (5), S. 897–904.
- Salama, H.; Rose, L. F.; Salama, M.; Betts, N. J. (1995): Immediate loading of bilaterally splinted titanium root-form implants in fixed prosthodontics--a technique reexamined: two case reports. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 15 (4), S. 344–361.

- Sammons, R. L.; Lumbikanonda, N.; Gross, M.; Cantzler, P. (2005): Comparison of osteoblast spreading on microstructured dental implant surfaces and cell behaviour in an explant model of osseointegration. A scanning electron microscopic study. In: *Clin Oral Implants Res* 16 (6), S. 657–666. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2005.01168.x.
- Schindjalova, R. (2015): Sofortimplantation in der Retrospektive – Eine Studie zu Erfolg und Misserfolg von Implantationen. In: *Z Zahnärztl Implantol* (31), S. 132–139.
- Schlegel, K. A.; Fichtner, G.; Schultze-Mosgau, S.; Wiltfang, J. (2003): Histologic findings in sinus augmentation with autogenous bone chips versus a bovine bone substitute. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 18 (1), S. 53–58.
- Schliephake, H.; Neukam, F. W.; Wichmann, M. (1997): Survival analysis of endosseous implants in bone grafts used for the treatment of severe alveolar ridge atrophy. In: *J Oral Maxillofac Surg* 55 (11), S. 1227-33; discussion 1233-4.
- Schmitt, C.; Neugebauer, J.; Kornmann, F.; Zoeller, J. E. (2007): Success criteria for immediate restored implants in the posterior region. In: *Clin Oral Implants Res* 18.
- Schnitman, P. A.; Shulman, L. B. (1980): Dental Implants -- Benefit & Risk: Proceedings of an NIH-Harvard Consensus Development Conference Held at Harvard School of Dental Medicine, June 13-14, 1978. In: *US Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health*.
- Schnitman, P. A.; Wohrle, P. S.; Rubenstein, J. E.; DaSilva, J. D.; Wang, N. H. (1997): Ten-year results for Branemark implants immediately loaded with fixed prostheses at implant placement. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 (4), S. 495–503.
- Schroeder, A.; Belser, U.; Williams, R. C. (1996): Oral implantology: basics, ITI hollow cylinder system. Hg. v. G. Thieme.
- Schropp, L.; Kostopoulos, L.; Wenzel, A. (2003): Bone healing following immediate versus delayed placement of titanium implants into extraction sockets: a prospective clinical study. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 18 (2), S. 189–199.
- Schropp, L.; Wenzel, A.; Stavropoulos, A. (2014): Early, delayed, or late single implant placement: 10-year results from a randomized controlled clinical trial. In: *Clinical Oral Implants Research* 25 (12), S. 1359–1365. DOI: 10.1111/clr.12273.
- Schulte, W.; Heimke, G. (1976): The Tubinger immediate implant. In: *Quintessenz* 27 (6), S. 17–23.
- Schwartz, Z.; Kieswetter, K.; Dean, D. D.; Boyan, B. D. (1997): Underlying mechanisms at the bone-surface interface during regeneration. In: *J Periodontal Res* 32 (1 Pt 2), S. 166–171.
- Scialom, J. (1962): Die „Nadel-Implantate“. In: *Zahnärztl Welt* 16, S. 565.
- Simonovska, M. (2010): Eine histomorphometrische Metaanalyse über verschiedene Augmentationsmaterialien bei der Sinusbodenelevation. Dissertation. Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf. Klinik für Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie. Online verfügbar unter [http://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-16157/Dissertation%20Melani%20Simonovska\\_pdfa1b\\_kombiniert.pdf](http://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-16157/Dissertation%20Melani%20Simonovska_pdfa1b_kombiniert.pdf), zuletzt geprüft am 19.08.2015.

- Slot, W.; Raghoobar, G. M.; Vissink, A.; Huddleston S., James J.; Meijer, H. J A (2010): A systematic review of implant-supported maxillary overdentures after a mean observation period of at least 1 year. In: *Journal of clinical periodontology* 37 (1), S. 98–110. DOI: 10.1111/j.1600-051X.2009.01493.x.
- Small, S. A.; Zinner, I. D.; Panno, F. V.; Shapiro, H. J.; Stein, J. I. (1993): Augmenting the maxillary sinus for implants: report of 27 patients. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 8 (5), S. 523–528.
- Smith, D. E.; Zarb, G. A. (1989): Criteria for success of osseointegrated endosseous implants. In: *J Prosthet Dent* 62 (5), S. 567–572.
- Soballe, K.; Hansen, E. S.; B-Rasmussen, H.; Jorgensen, P. H.; Bunger, C. (1992): Tissue ingrowth into titanium and hydroxyapatite-coated implants during stable and unstable mechanical conditions. In: *J Orthop Res* 10 (2), S. 285–299. DOI: 10.1002/jor.1100100216.
- Spiekermann, H. (1994): "Implantologie. Farbatlanten der Zahnmedizin. Bd. 10.". In: *Thieme Verlag Stuttgart*.
- Stegaroiu, R.; Kusakari, H.; Nishiyama, S.; Miyakawa, O. (1998): Influence of prosthesis material on stress distribution in bone and implant: a 3-dimensional finite element analysis. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 13 (6), S. 781–790.
- Stejskal, J.; Stejskal, V. (1999): The role of metals in autoimmunity and the link to neuroendocrinology. In: *Neuro Endocrinol Lett* 20 (6), S. 351–364.
- Strid, K. G. (1985): Radiographic results. Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. In: *Chicago: Quintessence* 187.
- Strietzel, F. P.; Nowak, M.; Kuchler, I.; Friedmann, A. (2002): Peri-implant alveolar bone loss with respect to bone quality after use of the osteotome technique: results of a retrospective study. In: *Clin Oral Implants Res* 13 (5), S. 508–513.
- Summers, R. B. (1994): A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique. In: *Compendium* 15 (2), S. 152, 154-6, 158 passim; quiz 162.
- Summers, R. B. (1996): Conservative osteotomy technique with simultaneous implant insertion. In: *Dent Implantol Update* 7 (7), S. 49–53.
- Szmukler-Moncler, S.; Piattelli, A.; Favero, G. A.; Dubruille, J. H. (2000): Considerations preliminary to the application of early and immediate loading protocols in dental implantology. In: *Clin Oral Implants Res* 11 (1), S. 12–25.
- Szmukler-Moncler, S.; Salama, H.; Reingewirtz, Y.; Dubruille, J. H. (1998): Timing of loading and effect of micromotion on bone-dental implant interface: review of experimental literature. In: *J Biomed Mater Res* 43 (2), S. 192–203.
- Tarnow, D. P.; Emtiaz, S.; Classi, A. (1997): Immediate loading of threaded implants at stage 1 surgery in edentulous arches: ten consecutive case reports with 1- to 5-year data. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 12 (3), S. 319–324.
- Tarnow, D. P.; Wallace, S. S.; Froum, S. J.; Rohrer, M. D.; Cho, S. C. (2000): Histologic and clinical comparison of bilateral sinus floor elevations with and without barrier membrane placement in 12 patients: Part 3 of an ongoing prospective study. In: *Int J Periodontics Restorative Dent* 20 (2), S. 117–125.

- Tatum, H., JR (1986): Maxillary and sinus implant reconstructions. In: *Dent Clin North Am* 30 (2), S. 207–229.
- Testori, T.; Del Fabbro, M.; Capelli, M.; Zuffetti, F.; Francetti, L.; Weinstein, R. L. (2008): Immediate occlusal loading and tilted implants for the rehabilitation of the atrophic edentulous maxilla: 1-year interim results of a multicenter prospective study. In: *Clin Oral Implants Res* 19 (3), S. 227–232. DOI: 10.1111/j.1600-0501.2007.01472.x.
- Tetsch, P.; Ackermann, K. L.; Behneke, N.; Galandi, M.; Geis-Gerstorfer, J.; Kerschbaum, Th. et al. (1990): Konsensus-Konferenz zur Implantologie, 18.10. 1989 in Mainz. In: *Z Zahnärztl Implantol* 6, S. 5–14.
- Tizieni, S. (2014): Untersuchung der Erfolgsquote bei Sofortimplantation unter sofortigen Platzierungsbedingungen. Dissertation. Friedrich-Schiller-Universität (Jena).
- Traini, T.; Degidi, M.; Caputi, S.; Strocchi, R.; Di Iorio, D.; Piattelli, A. (2005): Collagen fiber orientation in human peri-implant bone around immediately loaded and unloaded titanium dental implants. In: *J Periodontol* 76 (1), S. 83–89. DOI: 10.1902/jop.2005.76.1.83.
- Trisi, P.; Todisco, M.; Consolo, U.; Travaglini, D. (2011): High versus low implant insertion torque: a histologic, histomorphometric, and biomechanical study in the sheep mandible. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 26 (4), S. 837–849.
- Valentini, P.; Abensur, D. J. (2003): Maxillary sinus grafting with anorganic bovine bone: a clinical report of long-term results. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 18 (4), S. 556–560.
- Vandeweghe, S.; Bruyn, H. de (2012): A within-implant comparison to evaluate the concept of platform switching: a randomised controlled trial. In: *Eur J Oral Implantol* 5 (3), S. 253–262.
- Vina-Almunia, J.; Candel-Marti, M. E.; Cervera-Ballester, J.; Garcia-Mira, B.; Calvo-Guirado, J. L.; Penarrocha-Oltra, D.; Penarrocha-Diago, M. (2013): Buccal bone crest dynamics after immediate implant placement and ridge preservation techniques: review of morphometric studies in animals. In: *Implant Dent* 22 (2), S. 155–160. DOI: 10.1097/ID.0b013e318287a947.
- Wagner, W.; Al-Nawas, B. (2004): "Implantatmaterialien und Konstruktionsprinzipien der Implantate aus chirurgischer Sicht.". In: *Praxis der Zahnheilkunde* (13).
- Wagner, W.; Kunkel, M.; Wahlmann, U. W. (1999): Klasse D4 Knochen: Diagnostik, Probleme und Lösungsmöglichkeiten für Implantate in einem sehr spongiösen Knochenlager. In: *Implantologie* 2, S. 121–127.
- Wallace, S. S.; Froum, S. J. (2003): Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review. In: *Ann Periodontol* 8 (1), S. 328–343. DOI: 10.1902/annals.2003.8.1.328.
- Wannfors, K.; Johansson, B.; Hallman, M.; Strandkvist, T. (2000): A prospective randomized study of 1- and 2-stage sinus inlay bone grafts: 1-year follow-up. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 15 (5), S. 625–632.
- Watzek, G. (Hg.) (2000): Zahnärztliche Implantate. 3. Aufl. 3 Bände: Thieme, 127-128 (Zahnärztliche Chirurgie).

- Weingart, D.; Steinemann, S.; Schilli, W.; Strub, J. R.; Hellerich, U.; Assenmacher, J.; Simpson, J. (1994): Titanium deposition in regional lymph nodes after insertion of titanium screw implants in maxillofacial region. In: *Int J Oral Maxillofac Surg* 23 (6 Pt 2), S. 450–452.
- Weng, D.; Richter, E. J. (2005): "Die Implantat-Abutment-Verbindung-vom mechanischen zum biologischen Aspekt des Mikrospalts.". In: *Implantologie* 13 (2), S. 125–130.
- Wennström, J. L.; Palmer, R. M. (1999): "Consensus report of session C." In: Proceedings of the 3rd European Workshop on Periodontology. In: *Quintessenz Verlag*, S. 255–259.
- Wheeler, S. L. (1997): Sinus augmentation for dental implants: the use of alloplastic materials. In: *J Oral Maxillofac Surg* 55 (11), S. 1287–1293.
- Wheeler, S. L.; Holmes, R. E.; Calhoun, C. J. (1996): Six-year clinical and histologic study of sinus-lift grafts. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 11 (1), S. 26–34.
- Wood, R. M.; Moore, D. L. (1988): Grafting of the maxillary sinus with intraorally harvested autogenous bone prior to implant placement. In: *Int J Oral Maxillofac Implants* 3 (3), S. 209–214.



### 8 Danksagung

Prof. Dr. Dr. Ralf Smeets danke ich für die Überlassung des Promotionsthemas. Dr. Dr. Anders Henningsen danke ich für die hervorragende Betreuung und Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit. Ein weiterer Dank geht an Frau Susanne Sehner für die statistische Wegbereitung meiner Arbeit. Ich danke Herrn Dr. Till Gerlach und Herrn Dr. Frank Kornmann für die Bereitstellung der Patientendaten und für die Möglichkeit, die erforderlichen Untersuchungen in ihren Praxisräumen durchzuführen.

Bei meinen Eltern Soraya Wahidi und Dr. Fahim Ahmad Wahidi und bei meiner Schwester Mina Wahidi möchte ich mich für die bedingungslose Unterstützung und Anteilnahme herzlich bedanken. Ihre Motivation hat im Wesentlichen zur Entstehung dieser Arbeit beigetragen. Auch meinem Verlobten Kai Köppen gebührt ein großes Dankeschön für die immerwährende positive Ermutigung meiner Arbeit. Meinen Freunden möchte ich für die Geduld während der Erstellungsphase der Dissertation danken.

### 9 Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.

Unterschrift: .....