

**Langzeiterfolg und Überlebensrate von dentalen Implantaten im
zuvor mit Beckenkamm augmentierten Kieferknochen nach
über 5 Jahren**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

des Fachbereichs Medizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Schilling, Lucas Simon Hermann

aus Wiesbaden

Gießen 2023

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde,
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Gutachter: PD. Dr. med. dent. Sameh Attia, M.Sc.

Gutachter: Prof. Dr. med. dent. Bernd Wöstmann

Tag der Disputation: 27.09.2023

Meiner Familie und Verlobten gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
1.1	Dentale Implantate	1
1.2	Voraussetzungen zur Implantation	3
1.3	Knochenatrophie	5
1.4	Knochenaugmentation	7
1.5	Augmentation mittels Beckenkamm für dentale Implantate	10
1.6	Implantatüberleben und -verlust	13
1.7	Erfolgskriterien für dentale Implantate	15
1.8	Periimplantitis	18
1.9	Stand der Forschung	21
1.10	Fragestellung und Zielsetzung dieser Arbeit	25
2.	Material und Methoden	26
2.1	Patientenkollektiv	26
2.1.1	Einschlusskriterien	26
2.1.2	Ausschlusskriterien	26
2.1.3	Rekrutierung der Patienten	26
2.1.4	Dauer der Studie	27
2.2	Studiendesign	27
2.3	Methoden	27
2.3.1	Kalibrierung des Untersuchers	27
2.3.2	Primärparameter	28
2.3.3	Sekundärparameter	29
2.3.4	Sondierungstiefe	29
2.3.5	Blutung bei Sondierung	30
2.3.6	Lockerungsgrad	30
2.3.7	Periotest®	30
2.3.8	Keratinisierte Gingiva	31
2.3.9	Periimplantitis	31
2.3.10	Prothetische Versorgung	32
2.3.11	Radiologische Untersuchung	32
2.3.12	Fragebogen	34
2.3.13	Durchführung der Untersuchung	35
2.3.14	Ethik	36
2.3.15	Datenschutz	36
2.3.16	Statistische Auswertung	36
3.	Ergebnisse	37

3.1	Fallbeispiel	37
3.2	Patientenkollektiv	42
3.2.1	Patienten Drop-out	42
3.2.2	Implantationszeitpunkt.....	42
3.2.3	Altersverteilung zum Implantationszeitpunkt.....	43
3.2.4	Altersverteilung zum Untersuchungszeitpunkt.....	44
3.2.5	Geschlechterverteilung.....	45
3.2.6	Art der Augmentation	48
3.2.7	Implantatpostionsverteilung.....	49
3.2.8	Implantatsysteme	52
3.3	Primärparameter	53
3.3.1	Überlebensrate.....	53
3.3.2	Erfolgsraten.....	62
3.4	Sekundärparameter.....	68
3.4.1	Implantatbezogene Parameter	68
3.4.2	Patientenbezogene Parameter.....	75
3.5	Gesamtübersicht der Ergebnisse	84
4.	Diskussion.....	85
4.1	Diskussion von Patientenkollektiv und Methodik	85
4.1.1	Studiendesign, Patientenkollektiv und statistische Auswertung	85
4.1.2	Primärparameter	86
4.1.3	Sekundärparameter	88
4.2	Diskussion der Ergebnisse	91
4.2.1	Primärparameter	91
4.2.2	Sekundärparameter	94
4.2.3	Zusätzliche Parameter	97
4.3	Schlussfolgerung.....	98
5.	Zusammenfassungen.....	100
5.1	Zusammenfassung.....	100
5.2	Summary.....	101
6.	Verzeichnisse.....	102
6.1	Abkürzungsverzeichnis	102
6.2	Abbildungsverzeichnis.....	103
6.3	Tabellenverzeichnis.....	105
7.	Literatur.....	106
8.	Anhang.....	119
8.1	Patientenanschreiben.....	119

8.2	Patientenaufklärung	120
8.3	Einwilligungserklärung.....	123
8.4	Patientenfragebogen	126
8.5	Patientenuntersuchungsbogen.....	129
8.6	Votum der Ethik-Kommission AZ 202/15.....	131
9.	Publikationsverzeichnis	135
10.	Ehrenwörtliche Erklärung.....	137
11.	Danksagung	138

1. Einleitung

1.1 Dentale Implantate

Der Wunsch verlorene Zähne zu ersetzen, lässt sich schon früh in der Geschichte der Menschheit finden. Schon im 5. - 6. Jahrhundert v. Chr. fingen Menschen in Mittelamerika mit der Entwicklung von implantologischen Techniken an. Ein dort gefundener Unterkieferknochen zeigt, dass diese Urvölker versuchten Zähne mit Muschelstücken zu ersetzen.^{1,2}

In den folgenden Jahrhunderten wurde mittels verschiedener Methoden auch in Europa versucht, einen dauerhaft festen Zahnersatz zu entwickeln. So zum Beispiel versuchten die Italiener Magilio und Jourdan 1807, ein kleines Goldrohr mit einer vierarmigen Kralle in einer leeren Alveole zu befestigen. Diese Krallen wiederum dienten der Fixierung eines künstlichen Stiftzahnes.^{1,2}

Die Geburtsstunde der modernen Implantologie kann auf das Jahr 1947 zurückdatiert werden. Der Italiener Manlio Formigini entwickelte eine hohle Helikoidalschraube aus Tantal für eine „*direct endoalveolar infibulation*“¹. Dies definierte den Übergang in die Ära der enossalen Implantologie. Enossal bedeutet, dass sich etwas im Knochen befindet oder in ihn hinein reicht.

In den späten 1970er und frühen 1980er Jahren begann die Entdeckung der Biokompatibilität von Titanoberflächen durch den Schweden Per-Ingvar Brånemark. Er beobachtete, dass es zu einer bis dato einmaligen biologischen Fusion von Knochen mit einem Fremdmaterial, einer „Osseointegration“ gekommen war^{1,3}. Osseointegration ist der direkte funktionelle und strukturelle Verbund des vitalen organisierten Knochengewebes mit der Oberfläche eines belasteten Implantats^{4,5}. Jedoch sind Implantate nicht wie Zähne desmodontal verankert, sondern ankylotisch. Der direkte Kontakt zwischen Knochen und der Oberfläche von Titanimplantaten in nicht entkalkten histologischen Knochenschnitten wurde erstmals im Jahr 1976 von dem Schweizer Andre Schroeder untersucht und dokumentiert⁶.

Im Vergleich zum Implantat gibt es beim natürlichen Zahn den Zahnhalteapparat, das Parodontium. Hierbei befinden sich die natürlichen Zähne im Knochen in ihren Zahnfächern, den Alveolen. Die Wurzel eines Zahnes besteht aus Zahnzement, der von einer Wurzelhaut, dem Periodontium, umspannt wird. Zwischen der Zahnalveole und der Wurzelhaut bzw. dem Wurzelzement verlaufen die Sharpey-Fasern. An ihnen ist der Zahn federnd befestigt und dadurch in der Alveole „aufgehängt“. Dadurch wird die Druckbelastungen, die bei Mahlbewegungen auf den Zahn einwirken in Zugbelastungen

auf den Knochen umgewandelt. Ohne das Parodontium würden die Druckkräfte im Knochen sonst zu einem Knochenabbau führen. Das Parodontium wird in der Anatomie auch als eine Form der Syndesmose, als Gomphosis (Einzapfung/Einkeilung), benannt und verleiht dem Zahn trotz minimaler Beweglichkeit eine Stabilität gegen Rotation-, Kipp- und Vertikalbewegungen.⁷

Zwischen der Oberfläche von Titanimplantaten und dem Alveolarknochen kommt es nicht zur Ausbildung eines solchen Zahnhalteapparates. Im Jahr 1981 veröffentlichte Tomas Albrektsson, ein Schüler Brånemarks, den ersten mikroskopischen Beweis des direkten Kontakts zwischen Titan und vitalem Knochen⁸. Dies ist deswegen bemerkenswert, weil körperfremde Substanzen sonst meist eine immunologische Reaktion hervorrufen, eine Fremdkörperreaktion. Biologisch nicht abbaubare Substanzen können also zur Granulombildung führen. Beispielsweise induziert ein toxisches Metall wie Kupfer fast immer die Einkapselung von Weichgewebe in Knochen⁹. Ein in einem Granulom befindliches Implantat gewährleistet nicht die erforderliche Stabilität, die für eine funktionelle Belastung vonnöten ist, da es nicht osseointegriert ist. Zu den Risikofaktoren für diese Nicht-Osseointegration zählen geringe Primärstabilität, vorzeitige Belastung, traumatische Operation, Infektion sowie Patient*innenverhalten wie Rauchen oder Einnahme einiger Arzneimittel⁹. Im Falle einer fehlenden Ossifikation ist das Implantat zu entfernen¹⁰.

Ein erfolgreicher Prozess der Osseointegration findet parallel zur Knochenheilung nach einer Zahnentfernung statt. Die Osseointegration kann in drei Phasen unterteilt werden⁵. In der ersten Phase bildet sich um das Implantat Geflechtknochen. Es folgt eine Anpassung der Knochenmasse mit lamellaren und parallel-faserigen Knochenablagerungen zu einer Umwandlung zu Lamellenknochen. Diese Knochenstruktur wird in der letzten Phase, dem Remodeling, den Belastungen des Knochens angepasst.

Moderne dentale Implantate bestehen aus körperfremden Materialien, meist Titan oder Keramiken, die in den Kieferknochen eingebracht werden. Die eingebrachten Materialien sollen nicht nur vom Körper toleriert werden, sondern eine stabile Integration mit dem Knochen eingehen, um als künstliche Zahnwurzel für einen festen Zahnersatz zu dienen. Bei Keramiken ist eine ähnliche Osseointegration wie bei Titan zu beobachten.¹¹ Eine erfolgreiche Osseointegration ist eine Voraussetzung für eine stabile Verankerung über einen längeren Zeitraum^{4, 5}. Die Osseointegration ist auch ein Maß für die Implantatstabilität, die in zwei verschiedenen Stadien auftreten kann: primär und sekundär. Die Primärstabilität eines Implantats beruht hauptsächlich auf der

mechanischen Presspassung mit kompaktem Knochen und liegt unmittelbar nach Insertion des Implantats vor. Sekundärstabilität bietet dagegen biologische Stabilität durch Knochenregeneration und -remodellierung. Eine ausreichend hohe Primärstabilität ist Voraussetzung für die Sekundärstabilität. Letzteres bestimmt jedoch den Zeitpunkt der funktionalen Belastung⁵. Osseointegrierte Implantate müssen den vorherrschenden Bedingungen in der Mundhöhle und den Kaukräften standhalten². Dentale Implantate sind auch heute noch die beste Methode eines Zahnersatzes, der die Funktion wiederherstellt und den ästhetischen Ansprüchen der Patienten gerecht wird^{10, 12, 13}. Es bestehen zahlreiche Indikationen für eine Versorgung mit dentalen Implantaten. Dazu zählen prothetische, traumatologische, kieferorthopädische, epithetische, funktionelle und ästhetische Indikationen¹². Seit 1982 sind Implantate von der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) als Therapieform in Deutschland anerkannt.

1.2 Voraussetzungen zur Implantation

Für eine erfolgreiche Implantation ist ein ausreichendes Knochenangebot vonnöten^{14, 15}. Es gibt zwei Hauptgründe für die Beurteilung von Knochengewebe bei der Behandlung von Zahnimplantaten: Erstens ist sie als diagnostisches Instrument angezeigt, um zu beurteilen, ob das Knochengewebe für eine implantologische Behandlung ausreicht. Zweitens dient sie als prognostisches Instrument, um die Wahrscheinlichkeit von Erfolg oder Misserfolg der Behandlung vorherzusagen¹⁶. In Kieferregionen, in denen eine schlechte Knochenqualität vorhanden ist und/oder kein ausreichendes Knochenangebot zu verfügen steht, kommt es signifikant häufiger zu Implantatverlusten¹⁶⁻¹⁸. So sollte ein Mindestmaß an Knochenquantität und -qualität gewährleistet sein. Die Knochenqualität bezieht sich auf die Menge und das topografische Verhältnis von kortikalem zu spongiossem Knochen¹⁷. Laut Schwenger und Ehrenfeld soll um ein Implantat im Oberkiefer eine Knochenquantität von mindestens 0,5 mm, im Unterkiefer mindestens 1 mm Knochen vorhanden sein, und zwischen zwei nebeneinandergesetzten Implantaten ist ein Abstand von mindestens 2-3 mm einzuhalten². Zusätzlich ist im Unterkiefer das vertikale Knochenangebot aufgrund der Nähe zum Nervus alveolaris inferior essenziell. Eine Verletzung des Nerven oder eine andere Art der Schädigung kann zu Langzeitfolgen führen¹⁹. Diese neurosensorischen Defizite können sich im Spektrum einer Anästhesie (Verlust der Sensorik), einer Dysästhesie (abnormal unangenehme Sensorik) oder sogar einer Allodynie (schmerzhafte Sensorik ohne adäquaten Reiz) bemerkbar machen¹⁹. Bei starker Atrophie ist es auch möglich, dass der Nervus mentalis auf dem Kieferkamm austritt, was sowohl eine geplante Implantation als auch Augmentation erschwert. Interforaminal

im Unterkiefer ist auf eine anteriore Extension (*anterior loop*) des Nervus mentalis zu achten, da dies je nach Studie bei etwa 13% bis 100% der Bevölkerung vorkommt ²⁰. Nach Chrcanovic und Albrektsson wird die Knochenqualität nach Anteil und Struktur des kompakten und trabekulären Knochengewebes in vier Qualitäten eingeteilt ¹⁷:

Knochenqualität 1 = großer homogener kortikaler/kompakter Knochen;

Knochenqualität 2 = dicke Schicht kompakten Knochens, die einen dichten trabekulären Knochen umgibt;

Knochenqualität 3 = dünne kortikale Schicht, die einen dichten trabekulären Knochen umgibt;

Knochenqualität 4 = dünne kortikale Schicht, die einen Kern aus trabekulären Knochen geringer Dichte umgibt

Chrcanovic *et al.* publizierten in einer Metaanalyse von 2017, dass Zahnimplantate in Knochenqualität 1 eine höhere Versagensrate im Vergleich zu inserierten Implantaten in Knochenqualität 2 und 3 aufweisen. Inserierte Implantate in Knochenqualität 3 haben eine höhere Versagensrate im Vergleich zu Implantaten, die bei einer Knochenqualität von 2 inseriert wurden. Inserierte Implantate in Knochenqualität 4 haben eine höhere Versagensrate im Vergleich zu inserierten Implantaten in den Knochenqualitäten 1, 2 und 3. Es hat sich gezeigt, dass es schwierig ist, eine optimale Primärstabilität in Knochen mit geringer Dichte zu erreichen, und dies hängt mit höheren Versagensraten der Implantate zusammen.¹⁷

Ein weiterer Aspekt neben Knochenquantität und -qualität ist der Implantationszeitpunkt. Dieser wird nach Hämmerle *et al.* in vier Zeitpunkte unterteilt ²¹:

1. Die Sofortimplantation, d.h. eine Implantation unmittelbar nach Zahnextraktion bzw. als Teil desselben chirurgischen Eingriffs.
2. Die verzögerte Sofortimplantation, welche 4 bis 8 Wochen nach Zahnextraktion erfolgt. Hierbei ist die Extraktionsalveole typischerweise wieder komplett mit Weichgewebe bedeckt.
3. Die verzögerte Implantation, welche 12 bis 16 Wochen nach Zahnextraktion erfolgt. Hierbei ist radiologisch und klinisch eine Knochenbildung in der Extraktionsalveole erfolgt.
4. Die Spätimplantation, welche mehr als 16 Wochen nach Zahnextraktion erfolgt.

Laut einer systematischen Übersichtsarbeit und einer Metaanalyse der Harvard Universität ist jedoch zwischen dem Zeitpunkt der Implantation und dem Risiko eines Implantatverlusts kein signifikanter Unterschied zu beobachten ²².

Die empfohlene Dauer für die Einheilung von dentalen Implantaten ohne zusätzliche augmentierende Maßnahmen beträgt im Unterkiefer drei bis vier Monate und im Oberkiefer sechs Monate ²³.

Kinder stellen eine Besonderheit in der Implantologie dar. In der Vergangenheit wurden fehlende bleibende Zähne bei Kindern uneingeschränkt auch mittels Implantatgetragenen Zahnersatz ersetzt. Bei Kindern und Jugendlichen ist das Kieferwachstum nicht abgeschlossen. Dies führt dazu, dass gesetzte enossale Implantate nicht in der gewünschten Position verbleiben, während der umgebende Knochen im Wachstum seine Gestalt verändert, da Implantate während des Wachstums ortständig verbleiben. Infraokklusionspositionierung im Oberkiefer und die Rotation des Zahnimplantats im Unterkiefer sind die häufigsten Komplikationen ²⁴. Somit ist es empfehlenswert, eine Implantation nur unter besonderen Umständen in Betracht zu ziehen oder zu warten, bis das Kieferwachstum abgeschlossen ist, da sonst eine Positionsänderung des Implantats durch aufwändige Explantation vonnöten sein kann ²⁴.

1.3 Knochenatrophie

Knochengewebe befindet sich in einem Zustand des dynamischen Umbaus, dem sogenannten „Remodeling“, welches lebenslang stattfindet. Knochengewebe besteht aus Osteoblasten, Osteozyten, Osteoklasten und einer speziell mineralisierten Extrazellulärmatrix, deren Hauptbestandteile Hydroxylapatitkristalle und Kollagenfibrillen sind. Angefangen in der Embryonalentwicklung des Menschen entsteht Knochen durch desmale oder chondrale Ossifikation. Die meisten Knochen im Körper entstehen durch chondrale Ossifikation. Im Bereich des Schädels finden beide Ossifikationsarten statt. Mandibula und Maxilla werden zum Desmocranium gezählt, weil hier der Knochen durch desmale Ossifikation entsteht. ²⁵

Im Knochen findet basierend auf dem Abbau durch Osteoklasten und dem Aufbau durch Osteoblasten die funktionelle Anpassung des adulten Knochens je nach individueller Beanspruchung ein Leben lang statt ²⁶. Nach Abschluss des adulten Wachstums befinden sich die Aktivität der Osteoblasten und Osteoklasten im Gleichgewicht ²⁶.

Die Kaukraftübertragung von den Zähnen auf den umliegenden Kieferknochen ist ein Beispiel für die funktionelle Anpassung. Geht ein Zahn verloren, wird in diesem Bereich die funktionelle Beanspruchung des Knochens verändert, was meist zu einem Knochenabbau im nicht mehr beanspruchten Bereich führt ²⁷. Bei einer zu starken Belastung des Knochens durch Belastungskräfte kann dies ebenfalls zu einer Knochenresorption führen ²⁶.

Nach Zahnverlust kommt es in der Alveole zu Heilungsprozessen, die in drei Phasen eingeteilt werden können. Zuerst kommt die Entzündungsphase, in der sich in der Alveole unmittelbar nach der Zahnextraktion durch eine Blutung ein Gerinnsel formt²⁸. Das Gerinnsel wird in den folgenden zwei bis drei Tagen von Entzündungszellen und unreifer Fibroblasten durchwandert, die ein Granulationsgewebe bilden. Das Granulationsgewebe, welches allmählich mit Blutgefäßen durchwandert wird, dient in der Proliferationsphase als provisorische Matrix für den Umbau zu Geflechtknochen. Dieser Vorgang kann schon nach zwei Wochen beobachtet werden. Geflechtknochen ist nicht sehr tragfähig und wird in der Knochenmodellierung und Remodellierungsphase in Lamellenknochen umgebaut. Dies wird durch die Osteoklasten und Osteoblasten durchgeführt und kann einige Monate in Anspruch nehmen²⁷. Der Umbau des Knochens geht nach abgeschlossener Heilung der Alveole gemäß des Wolff'schen Gesetzes weiter²⁹. Es besagt, dass ein Knochen seine Masse und Struktur gemäß mechanischer Beanspruchung adaptiert³⁰. Bereits 15 Wochen nach Zahnverlust beginnen ausgedehnte transversale und vertikale Resorptionsprozesse des Alveolarfortsatzes³¹. Als Alveolarkamm wird der Kieferkamm bezeichnet, der der oberste Teil des Alveolarfortsatzes nach Zahnverlust ist. Die größte Resorptionsrate wird dabei innerhalb des ersten Jahres nach Zahnverlust beobachtet. Der nachfolgende Knochenabbau schreitet langsamer voran^{9, 27, 31-33}. Als Resultat wird der Kieferknochen voluminös immer kleiner und verliert immer mehr an Stabilität und Stärke. Dabei ist ein sowohl vertikaler als auch horizontaler Knochenverlust zu beobachten^{31, 34}. Die Ausprägung des Knochenverlusts ist individuell variabel^{26, 34, 35}.

Im Allgemeinen folgen die Veränderungen der Form des Alveolarknochens einem vorhersagbaren Muster. Im anterioren Unterkiefer und anterioren Oberkiefer finden ein vertikaler und ein horizontaler Knochenverlust statt. Im posterioren Oberkiefer hauptsächlich ein vertikaler Abbau. Im posterioren Unterkiefer ist der Verlust wiederum vertikal und horizontal³¹. Nach Zahnverlust ist die Oberkieferresorption zentripetal und der Kiefer wird schmaler und kleiner. Im Gegensatz dazu ist die Veränderung des Unterkiefers zentrifugal, was zu einer scheinbaren Verbreiterung des Unterkiefers führt³⁶. Dadurch entsteht eine zunehmende Diskrepanz der beiden Kieferformen zueinander. Bei vollständiger Zahnlosigkeit eines Kiefers kann es zusätzlich noch zu Verlust der Vertikaldimension des Gesichts kommen³⁵.

Ein gutes Knochenangebot ist nicht nur beim Setzen von dentalen Implantaten relevant, sondern auch für die Haftung von herausnehmbaren Prothesen, die die Knochenform für einen guten Halt, besonders im Unterkiefer, benötigen³⁵. Ein periimplantärer lokaler Knochenabbau kann im ersten Jahr nach Belastung auf Grund der Kaubelastung oder

aufgrund einer Periimplantitis stattfinden³⁷. So kann ein Knochenabbau von mehr als 0,44 mm pro Jahr als ein Hinweis auf eine Periimplantitis gewertet werden³⁸. Dieser Knochenabbau kann zuverlässig nur durch radiologische Diagnostik beurteilt werden^{37, 39}.

Es wird davon ausgegangen, dass die Sofortimplantation in einer frischen Extraktionsalveole das Remodeling soweit beeinflusst, dass die ursprüngliche Kieferknochenform erhalten bleibt²⁷. Insgesamt kann ein Voranschreiten des Knochenabbaus durch Setzen von enossalen Implantaten verhindert oder verlangsamt werden⁴⁰.

1.4 Knochenaugmentation

Bei einer Knochenaugmentation wird verlorengegangene Knochensubstanz wiederaufgebaut. Für ein erfolgreiches und stabiles Setzen von dentalen Implantaten ist ein ausreichendes Knochenangebot in der gewünschten optimalen dreidimensionalen Position im Kieferknochen vonnöten^{2, 14, 23, 41, 42}. Augmentationen verbessern das Knochenangebot und führen chirurgisch und prothetisch zu besseren Ergebnissen⁴³. Bei Patient*innen mit geringem Knochenangebot und geplanter Implantatinsertion ist häufig eine Augmentation des Knochens indiziert^{14, 42}. Autogener Knochen ist bei der Augmentation als Goldstandard anzusehen⁴⁴⁻⁴⁹. Bei einer autogenen Transplantation ist der Spender mit dem Empfänger identisch. Abhängig von der Indikation und den beim Patient*innen herrschenden Verhältnissen können verschiedene Knochenentnahmestellen genutzt werden^{14, 23, 50}.

Intraorale Entnahmestellen für kortikale und spongiöse Knochenanteile sind der aufsteigende Unterkieferast, das Kinn, der Tuberbereich, die Spina nasalis anterior und der Crista zygomatica alveolaris. Die bei der Präparation des Implantatschachts im Kieferknochen entstandenen Bohrspäne können ebenfalls gesammelt und für das Abdecken kleinerer Bereiche von freiliegender Implantatoberfläche genutzt werden²³. Extraoral kann Knochen von Beckenkamm, Schädelkalotte, Rippe, Scapula, Tibia und Fibula entnommen werden. Beim Vergleich von intra- und extraoralen Spenderregionen stellte sich heraus, dass intraoral nur sehr begrenzte Knochenmengen gewonnen werden können^{2, 41, 51}.

Knochenspongiosa kann aus der Beckenschaufel oder dem Tibiakopf entnommen werden. Bei einem größeren Knochenbedarf bietet sich Beckenkammpongiosa zur Transplantation an. Diese kann relativ atraumatisch und minimalinvasiv mit einer Knochenmarkstanze gewonnen werden. Bei Augmentationen, bei denen sehr viel Knochen für den angestrebten Aufbau benötigt wird, werden kortikospongiöse

Knochenspäne vom anterioren oder posterioren Beckenkamm verwendet. Zur Transplantation kann ein Innenspan oder bei ausgedehnten Augmentationen ein Fensterspan zur Anwendung kommen. Männer scheinen durchschnittlich ein größeres Knochenangebot in Becken, Fibula und Scapula zu haben als Frauen ⁵².

Augmentative Maßnahmen mit Implantaten sind als einzeitiges oder als zweizeitiges Verfahren möglich. Beim einzeitigen Verfahren erfolgen Augmentation und Implantation zeitgleich in einem operativen Eingriff, während beim zweizeitigen Vorgehen zunächst der Knochen augmentiert und nach einer Einheilungsphase die Implantation vorgenommen wird ^{23, 53}. Im Zuge einer Knochenaugmentation können auch während der Einheilphase provisorische Implantate gesetzt werden. Dies kann jedoch zu Komplikationen führen und die Einheilung des Transplantats gefährden ⁵⁴. Jedes operative Augmentationsverfahren hat Vor- und Nachteile ^{14, 55}. Manche Autoren stimmen darin überein, dass unabhängig von der angewandten Augmentationstechnik die Überlebens- und Erfolgsraten von Implantaten im augmentierten Unterkiefer in der Kurzzeitbewertung hoch und mit denen im nativen Knochen vergleichbar sind. Langzeitergebnisse müssen noch ermittelt werden ^{49, 56-58}.

Der transplantierte Knochen dient als Platzhalter, da er das Einwachsen von Weichgewebe in den Bereich verhindert. Ebenso dient er als Matrix für die Einsprossung neuer vitaler Knochenzellen ⁵⁹. Damit die sekundäre Knochenheilungskaskade ablaufen kann, sollte der Spalt zwischen Knochen und Transplantat nicht größer als 0,5 mm sein ⁵⁹.

Jedem transplantierten Knochen widerfährt ein gewisses Maß an Resorption in Folge des Remodelings. In einer Übersichtsarbeit von 2020 wurden Werte von 5% bis 47% Volumenresorption bei lateralen Knochenaugmentationen und 5% bis 50% Volumenresorption nach vertikaler Augmentation mittels externem Sinuslift festgestellt⁶⁰. Eine isolierte Druckbelastung oder ein Ausbleiben einer funktionellen Belastung kann zu einer fast vollständigen Resorption des Transplantats führen ⁵⁹. Im Zuge des Remodelings kann auch nach Insertion des Implantats noch vertikaler Knochenabbau von bis zu 0,3 mm stattfinden ⁹. Kieferknochenaugmentationen mit autologem Knochen sind als zuverlässig und adäquate Verfahren zu betrachten, mit meist sehr zufriedenstellenden Ergebnissen ⁵⁸.

Zu den häufig angewendeten Augmentationsverfahren gehören folgende Techniken:

Sinusbodenelevation / Sinuslift

Diese Technik wurde erstmals 1980 von Boyne und James beschrieben ⁶¹. Über einen lateralen Zugang mit Fenestrierung des bukkalen Knochens wird der Sinus maxillaris

unter Belassung der Kieferhöhlenschleimhaut eröffnet und so der Boden der Kieferhöhle angehoben^{2, 23}. Alternativ zum lateralen Zugang kann auch ein Sinuslift über den Bohrkanaal für das Implantat durchgeführt werden⁶². Dies wird als interner Sinuslift bezeichnet⁶². Die Schleimhaut wird von dem Knochen nach kranial luxiert. In den entstandenen Raum werden Spongiosaanteile oder Knochenblöcke auf den Kieferhöhlenknochen aufgelagert. Die Sinusbodenelevation kann sowohl mit autologem Knochen als auch mit „*tissue-engineered bone*“ durchgeführt werden, wobei der gezüchtete Knochen eine starke Limitation bei großflächigen Augmentationen ist⁶³. Auch der Sinuslift kann mit der Gabe von plättchenreichem Plasma (PRP) kombiniert werden. Studien jedoch zeigen, dass es kurzfristig und langfristig keinen signifikanten Unterschied in Knochenverlust oder Implantatüberleben gibt^{64, 65}. Nach einer Einheilungsphase von vier bis sechs Monaten nach Sinuslift ist der eingebrachte Knochen stabil umgebaut und belastungsfähig^{2, 23}.

Onlay-Osteoplastik

Eine Auflagerungsplastik mit einem so genannten Onlay-Graft kann erforderlich werden, wenn zum Beispiel die vertikale Dimension der Suprakonstruktion deutlich größer ist als die vertikale Dimension der knöchernen Implantatverankerung, eine ungünstige transversale Lagebeziehung von Ober- und Unterkiefer vorliegt oder biomechanische ungünstige Belastungsverhältnisse bei Implantation im vor Ort vorhandenen Knochen allein entstehen^{2, 23}. In der Regel nutzt man dafür kortikospongiose oder kortikale Knochenspäne oder -blöcke des Beckenkamms. Die entnommenen Knochentransplantate werden der benötigten Form angepasst und mit Osteosyntheseschrauben in der gewünschten Kieferposition fixiert^{2, 14, 66}. Die Stabilisierung und der enge Kontakt dieser Knochentransplantate mit der Empfängerregion werden als entscheidend für eine erfolgreiche Einheilung angesehen^{14, 67}. Die Kortikalis des vor Ort vorhandenen Knochenlagers wird ausgiebig perforiert, um die Neoangiogenese zu fördern². Die Auflagerungsosteoplastik im Oberkiefer wird häufig mit einer Sinusliftoperation kombiniert.

Distractionsosteogenese

Die Distractionsosteogenese ist eine Operationstechnik, bei der die körpereigenen Reparaturmechanismen für die Rekonstruktion von Hart- und Weichgewebe genutzt werden. Sie wurde erstmals 1996 vorgestellt⁴². Sie hat zahlreiche Anwendungen im maxillofazialen Komplex und wird erfolgreich für die vertikale und horizontale Augmentation von Alveolarkämmen vor der Implantatinsertion eingesetzt⁶⁸. Dabei wird ein künstlicher Frakturspalt geschaffen und die beiden Segmente mittels eines Distraktors langsam auseinandergedrängt. Im größer werdenden Spalt kommt es nach

einer Kallusbildung zum Umbau in funktionellen Knochen. Das Verfahren kommt ohne eine Knochentransplantation aus. Voraussetzung für eine optimale Knochenaugmentation von Defekten mittels Distractionsosteogenese ist eine Knochenhöhe von mindestens 6 bis 7 mm über vitalen Strukturen, wie zum Beispiel bei einer Kammspannweite von drei oder mehr fehlenden Zähnen¹⁴. Bei nicht zufriedenstellenden Ergebnissen oder Voraussetzungen kann eine Knochentransplantation vor oder nach der Distraction erforderlich sein, um den chirurgischen Erfolg des Verfahrens zu erhöhen⁶⁹. Eine Studie von Rachmiel *et al.* zeigte mit diesem Verfahren einen vertikalen Knochengewinn von 8 bis 13 mm ohne Knochenentnahme aus einer anderen Körperstelle⁷⁰.

Osteokonduktive und -induktive Knochenersatzmaterialien

Nicht körpereigene Substanzen, zum Beispiel xenogenes Material aus Rinder- oder Schweineknochen, die zum Auffüllen knöcherner Defekte eingesetzt werden, werden als Knochenersatzmaterialien (KEM) bezeichnet. Diese bieten den Vorteil, dass sie die Limitierung des begrenzten autologen Knochenreservoirs umgehen und vermeiden zudem die Entnahmemorbidität⁵¹. KEM dienen als Füllmaterial zur Formgebung, als Platzhalter für die Knochenneubildung und zur Beschleunigung der Knochenneubildung mit Trägersubstanzen wie Antibiotika oder Wachstumsfaktoren. Idealerweise sollten KEM Osteoinduktion und Osteokonduktion als Eigenschaften besitzen. Osteoinduktion ist der Prozess, durch den die Osteogenese induziert wird. Es ist ein Phänomen, das regelmäßig bei jeder Art von Knochenheilungsprozessen auftritt. Osteoinduktion impliziert die Rekrutierung unreifer Zellen und die Stimulation dieser Zellen sich zu Präosteoblasten zu entwickeln. In einer Knochenheilungssituation wie einer Fraktur hängt der Großteil der Knochenheilung von der Osteoinduktion ab. Osteokonduktion bedeutet, dass das Material als Leitstruktur (Matrix) für den Knochen dient⁴. Osteoinduktive und osteokonduktive Wachstumsfaktoren werden auch durch Allotransplantat- und Autotransplantat-Knochentransplantationsverfahren erzeugt⁴.

1.5 Augmentation mittels Beckenkamm für dentale Implantate

Unter den verschiedenen verfügbaren Augmentationsmaterialien vereint im Vergleich zu KEM nur autologer Knochen osteokonduktive, osteoinduktive und osteogene Eigenschaften⁴⁶. Aufgrund seiner Eigenschaften und des Fehlens immunologischer Reaktionen gelten autologe Knochentransplantate als „Goldstandard“ und als das effektivste Material bei Knochenregenerationsverfahren^{47-49, 71, 72}. Im Bereich der Kieferkammaugmentation vor dem Setzen von dentalen Implantaten, gelten autologe Knochentransplantate zusätzlich als „Goldstandard“, da es zu vorhersehbaren

adäquaten Ergebnissen führt und eine geringe Entnahmemorbidität zu erwarten ist ^{45, 46, 48}.

In der Literatur werden verschiedene Entnahmestellen beschrieben, darunter intraorale Entnahmestellen wie der Kieferwinkel und extraorale Entnahmestellen wie das Schädeldach, die Tibia und der Beckenkamm. Letzteres wird von den extraoralen Entnahmestellen am häufigsten verwendet ^{43, 48, 73, 74}. Obwohl der Beckenkamm am häufigsten bei der Kieferrekonstruktion verwendet wird, wird ein signifikanter Knochenabbau während der Einheilung erwähnt. Dieser Nachteil und die Tatsache, dass Zahnimplantate nicht immer eine große Menge an Knochen benötigen, haben die Verwendung von autologen Knochenblocktransplantaten aus intraoralen Spenderregionen erhöht. Knochentransplantate von intraoralen Entnahmestellen bieten mehrere Vorteile wie chirurgische Zugänglichkeit, Nähe von Spender- und Empfängerstelle, weniger Beschwerden für die Patient*innen und weniger Morbidität im Vergleich zu extraoralen Entnahmestellen. Die intraorale Entnahme ist mit einer niedrigen Morbidität verbunden. Die zwei hierbei am häufigsten berichteten Komplikationen sind signifikante Resorption von Transplantaten oder ihre orale Exposition. Hinzu kommt das begrenzte Entnahmevolumen des verfügbaren intraoralen Knochens als ein Manko der intraoralen Spenderregionen. ^{41, 45, 51}

Beckenknochentransplantate können aus dem vorderen oder hinteren Beckenkamm entnommen werden (Abbildung 1) ^{48, 75}. Zu den Hauptvorteilen gehören die Verfügbarkeit einer angemessenen Knochenmenge an Knochentransplantat (Spongiosa, kortikospongios oder vaskularisiert) mit Vorläuferzellen und Wachstumsfaktoren sowie die strukturelle Unterstützung, wenn trikortikale Transplantate verwendet werden ^{48, 76, 77}. Der laterale Bereich der Spina iliaca anterior wird oft aufgrund der dickeren kortikalen Schicht und Morphologie verwendet, da dieser besser für die Rekonstruktion des Kieferkamms für eine ideale Implantatposition geeignet ist ⁷⁸. Eine Entnahmestelle, die sich mindestens 20 bis 25 mm posterior der Spina iliaca anterior superior befindet, sollte präferiert werden, um das Risiko einer Fraktur zu minimieren ⁷⁹.

Bei Beckenspanentnahmen gibt es vier Transplantattypen ²:

1. Spongiosatransplantat
2. kortikospongioses Transplantat (Blocktransplantat)
3. Spongiosa- und Kortikalismischtransplantat
4. vaskularisiertes Transplantat



Abbildung 1 Entnahme eines Blocktransplantats aus dem vorderen Beckenkamm. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

Als Folge der Knochenentnahme aus dem Beckenkamm kann es zu Komplikationen kommen. Bei 10% bis 40% der Patient*innen kommt es zu kleineren Komplikationen. Dazu gehören oberflächliche Infektionen, Serome, inakzeptable kosmetische und vorübergehende Parästhesien, die bis zu Jahren anhalten können⁸⁰. Die häufigste Komplikation bei 62% der Patient*innen in den ersten sechs Wochen sind Schmerzen. Selten sind Frakturen des Beckens als Folge der Entnahme⁸⁰. Vordere Beckenkammfrakturen bleiben, auch wenn sie schmerzhaft sind, stabil und heilen in den meisten Fällen ohne weitere Komplikationen spontan aus⁷³. Im Gegensatz dazu erfordern Frakturen in Folge der Entnahme in Bereich des hinteren Beckenkamms sehr oft komplexe chirurgische Behandlungen und führen zu erheblichen Behinderungen, die dauerhaft sein können⁷³. Die Rate schwerer Komplikationen, die eine sekundäre Intervention erfordern, wird mit 2,5% bis 39% angegeben⁸⁰. Die Entnahme vom dorsalen Beckenkamm geht mit einer geringeren Beeinträchtigung des Patienten oder der Patientin einher^{74, 81, 82}. Nkenke *et al.* sind der Auffassung, dass Knochentransplantate aus dem hinteren Beckenkamm im Vergleich zum vorderen Beckenkamm zu geringeren postoperativen Schmerzen, weniger oberflächlichen Hautempfindlichkeitsstörungen und weniger Gangstörungen führen⁵¹. Des Weiteren bemerken Nkenke *et al.*, dass vor allem wenn eine große Mengen Knochen zur Spende vonnöten ist, der hintere Beckenkamm gegenüber dem vorderen Beckenkamm bevorzugt werden sollte⁵¹. Shin *et al.* meinen, dass die Entnahme von Knochentransplantaten des vorderen Beckenkamms nach durchschnittlich 4,5 Jahren nur zu minimaler Morbidität führt und weder Schmerzen noch Funktionseinschränkungen auftreten. Diese Technik weist eine geringere Morbidität an der Spenderstelle auf als frühere Berichte über die posteriore Transplantatstelle.⁸⁰ Der

absolute Erfolg der Transplantation aus beiden Spenderegionen wird in der Literatur als sehr zufriedenstellend angesehen^{50, 78, 85, 86}. Die Patientenzufriedenheit über die durchgeführte Transplantation wird mit über 90% angegeben.⁸¹

1.6 Implantatüberleben und -verlust

Implantatüberleben

Dentale enossale Implantate, die sich physikalisch noch *in situ* befinden und nicht explantiert wurden, werden als überlebend bezeichnet⁸⁷. Es kann dabei eine klare Grenze beider Zustände erkannt werden. Diese Definition sagt wenig über den Zustand des Implantats aus. Ein Implantat, das eine erhöhte Mobilität aufweist, Schmerzen verursacht und/oder einen unkontrollierbaren Knochenabbau erfährt, ist laut o.g. Definition als überlebend anzusehen⁸⁷. Diese Gründe wären jedoch als Explantationsgründe anzusehen⁸⁷. Das Überleben wird meist als Überlebensrate beschrieben, welche den prozentualen Anteil der Implantate angibt, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt *in situ* befinden. Daraus lassen sich Wahrscheinlichkeiten über den Zeitpunkt von Implantatverlusten bzw. der Wahrscheinlichkeit der Überlebenszeit der Implantate zu bestimmten Zeiten prognostizieren^{88, 89}. Diese Überlebenszeitprognosen werden meist als Kaplan-Meier-Kurven dargestellt⁹⁰. Es ist somit eine rein quantitative und keine qualitative Aussage. Auch ist das Implantatüberleben das am häufigsten genutzte Kriterium aller Erfolgskriterien⁸⁷. Viele Studien nutzen keine definierten Erfolgskriterien, sondern nur das Implantatüberleben¹².

Implantatverlust

Ein Implantatverlust ist leichter zu beschreiben als ein Implantaterfolg und kann aus einer Vielzahl von Faktoren hervorgehen⁸⁷. Ein Implantat, das explantiert werden muss oder sogar selbständig aus dem Kieferknochen fällt, wird als Verlust gezählt. In der Literatur wird der Implantatverlust oft als die finale Konsequenz des „*implant failure*“, also des Implantatversagens bezeichnet⁹¹.

Laut Esposito *et al.* wird das Implantatversagen in vier Kategorien unterteilt: biologisch, mechanisch, iatrogen und durch inadäquate Patientenadaptation⁹¹.

Das biologische Versagen kann als inadäquates Erreichen oder Aufrechterhalten der Ossifikation beschrieben werden^{10, 91, 92}. Des Weiteren kann das biologische Versagen in frühes (oder primäres) und spätes (oder sekundäres) Versagen unterteilt werden⁹¹. Eine Implantatfraktur, eine Fraktur der prothetischen Versorgung oder der Verbindungsschraube, wird, wenn sie zur Explantation des Implantates führt, als mechanisches Versagen bezeichnet^{2, 91, 93}. Unter einem iatrogenen Versagen versteht man eine Fehlposition des Implantats, welche eine prothetische Versorgung nicht

möglich oder unsinnig macht, oder eine Verletzung anatomischer Strukturen wie des Nervus alveolaris inferior⁹¹. Dies kommt zuweilen bei unerfahrenen Chirurgen vor, die somit als Risikofaktor angesehen werden können¹⁵. Psychologische, ästhetische oder phonetische Probleme, die zur Entfernung des Implantats führen, werden als inadäquate Patientenadaptation bezeichnet⁹¹.

Es gibt mehrere Risikofaktoren für ein Implantatverlust, die sowohl die Wahrscheinlichkeit eines frühen als auch späten Implantatversagens erhöhen^{93, 94}. Zu den Risikofaktoren gehören: fehlende Primärstabilität^{10, 15, 95}, Sofortbelastung nach Implantation^{15, 92}, Implantation in ein nicht ausreichendes Knochenangebot¹⁵, eine frische Extraktionsalveole¹⁵ oder Implantation durch einen unerfahrenen Chirurgen⁹⁴. Kurze Implantate^{10, 15, 96} (kleiner als 10 mm) und Implantate ohne Gewinde sind Verlust gefährdeter als längere Implantate mit Gewinde und werden daher ebenso zu den Risikofaktoren gezählt¹⁵. Eine vorherige Kieferaugmentation wird auch als Risiko für Implantatversagen angenommen^{28, 93}. Auch die Wundheilung der Patient*innen spielt eine Rolle^{92, 95}, die durch Faktoren wie Rauchverhalten^{91, 93, 95, 97, 98} oder chronische Erkrankungen, wie zum Beispiel uneingestellter Diabetes mellitus⁹⁹ beeinflusst wird.

Die Grenze zwischen Frühverlust und Spätverlust wird je nach Quelle als Zeitpunkt nach adäquater Einheilung oder nach Belastung der prothetischen Versorgung oder 1 Jahr nach Implantation benannt^{10, 91, 94, 100}. Ein Frühverlust ist somit meist aufgrund eines biologischen oder mechanischen Versagens begründet^{10, 93}. Die Ossifikation, die als Basis aller erfolgreichen Implantationen definiert ist^{5, 95}, kann durch Periimplantitis oder okklusaler Überbelastung⁹⁴ gestört werden und somit ein biologisches Versagen verursachen⁹³. Die Überbelastung durch Bruxismus wird von Angelis *et al.* als schlimmster Einzelrisikofaktor für Implantatversagen angesehen^{93, 94}. Ein Spätversagen wird nur durch okklusale Überbelastung^{94, 95, 101} oder bakteriellen Plaque bzw. durch die darauffolgende Periimplantitis verursacht^{91, 94, 95, 101}.

Um über die Notwendigkeit einer Implantatentfernung zu entscheiden, sollten radiologische und klinische Aspekte berücksichtigt werden^{87, 91}. Die Hauptindikatoren zur Entfernung sind Schmerzen und Implantatmobilität⁸⁷. Von der *International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference 2008* wird ab einem periimplantären Knochenverlust von mehr als 50% der Implantatlänge eine Explantation gefordert⁸⁷.

1.7 Erfolgskriterien für dentale Implantate

Um die Qualität von dentalen Implantaten zu beurteilen, ist eine Definition von Erfolgskriterien erforderlich. Mit diesen Kriterien wird versucht, den idealen klinischen Zustand und dessen Konditionen zu beschreiben⁸⁷. Der Verlust eines Implantates ist immer als Misserfolg anzusehen⁹⁴. Nur wenn alle Erfolgskriterien erfüllt sind, kann das Implantat als Erfolg angesehen werden^{10, 91}. Ein nicht nach definierten Kriterien bewertetes Implantat kann nur als überlebend gewertet werden⁹¹. Die meisten Erfolgskriterien sind Negativkriterien. Die Erfüllung eines dieser Negativkriterien führt dazu, dass das Implantat als Misserfolg betrachtet wird^{10, 91}. Folgende Autoren haben solche Erfolgskriterien erstellt:

Das schwedische Gesundheitsamt hat erstmals 1975 folgende Parameter aufgestellt, um die klinische Leistungsfähigkeit von osseointegrierten oralen Implantaten objektiv zu bewerten. Es wurden parodontale, prothetische und radiologische Parameter zusammen mit der Meinung der Patient*innen zur Behandlung zur Einschätzung verwendet.^{91, 102}

Auf der Harvard Consensus Conference des National Institute of Health wurden 1978 andere Erfolgskriterien für orale Implantate definiert:

National Institute of Health (NIH) – Erfolgskriterien¹⁰³

Diese Kriterien beinhalten sowohl objektive als auch subjektive Kriterien. Zu den subjektiven Aspekten gehören eine ausreichende Funktion des Implantats und die Ästhetik und, ob die emotionale und psychologische Verfassung der Patient*innen verbessert worden sind.

Die objektiven Aspekte beinhalten:

- Knochenverlust von nicht mehr als 1/3 der Implantatlänge
- Gutes okklusales Gleichgewicht und vertikale Dimension
- Behandelbare gingivale Entzündung
- Beweglichkeit in jeder Richtung unter 1 mm
- Keine Beschwerden oder Infektion
- Keine Verletzung benachbarter Zähne
- Keine Parästhesien oder Verletzung des Canalis mandibularis, des Sinusbodens oder des Nasenbodens
- Gesundes Bindegewebe

Albrektsson *et al.* schlugen 1986 ihres Erachtens noch strengere Kriterien vor ⁹¹:

Erfolgskriterien nach Albrektsson ¹⁰⁴

- Ein unverblocktes Einzelzahnimplantat darf keine Mobilität aufweisen
- Periimplantär darf es keine Anzeichen radiologischer Transluzenz geben
- Der vertikale Knochenabbau sollte nach dem ersten Jahr unter Belastung nicht mehr als 0,2 mm pro Jahr betragen
- Das klinische Erscheinungsbild muss frei sein von Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Canalis mandibularis

Zu dieser Zeit wurden konventionelle parodontale Indizes nicht berücksichtigt, da sie nicht als mit dem Implantaterfolg korrelierend angesehen wurden. Diese Meinung wurde von Smith & Zarb unterstützt, die es nicht für notwendig erachteten, in ihren Vorschlag für Kriterien für den Implantaterfolg irgendein Maß der Schleimhautgesundheit aufzunehmen. ⁹¹

Erfolgskriterien nach Smith & Zarb ¹⁰⁵

- Keine Mobilität des unverbundenen Implantats
- Keine sichtbare Radioluzenz
- Weniger als 0,2 mm Knochenverlust jährlich nach dem ersten Jahr unter Belastung
- Keine anhaltenden Schmerzen, Beschwerden oder Infektionen
- Planung lässt die Versorgung mit Zahnersatz zu, welche für Patient*in und Zahnarzt oder Zahnärztin zufriedenstellend ist

1990 wurden von Buser folgende Kriterien formuliert.

Erfolgskriterien nach Buser ¹⁰⁶

- Abwesenheit persistierender Beschwerden wie Schmerz, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie
- Es liegt keine rezidivierende periimplantäre Infektion mit putrider Sekretion vor.
- Es liegt keine Mobilität des Implantats vor
- Es findet sich keine kontinuierliche periimplantäre Radiotransluzenz. Möglichkeit zur prothetischen Belastung

Klinische Langzeitstudien nutzten die **Erfolgskriterien nach Naert**¹⁰⁷ & **Snauwaert**¹⁰⁸

- Das Implantat darf keinerlei Mobilität aufweisen. Der Periotest[®]-Wert liegt im Bereich von -5 bis +5 bzw. muss kleiner +8 sein

- Es findet sich keine periimplantäre Radiotransluzenz
- Es gibt keine implantatinduzierten Schmerzen, Infektionen oder Parästhesien
- Es liegt keine Implantatfraktur vor
- Das Implantat muss zum prothetischen Zahnersatz herangezogen worden sein

2008 stellte Misch seine Skala vor.

Gesundheitsskala nach *Misch* ⁸⁷

Misch *et al.* haben eine Gesundheitsskala entwickelt, mit der Implantate anhand vier Gruppen bewertet werden: Erfolg, zufriedenstellendes Überleben, beeinträchtigt überleben und Misserfolg. Grundlage dieser Gruppen sind klinische und radiologische Aspekte.

Für ein erfolgreiches Implantat dürfen keine Schmerzen unter Funktion, Exsudation oder Beweglichkeit vorliegen. Außerdem sollte radiologisch nicht mehr als 2 mm Knochenabbau seit Implantation sichtbar sein. Zufriedenstellend überlebende Implantate haben stattdessen einen Knochenabbau zwischen 2 mm und 4 mm. Die Gruppe des beeinträchtigten Überlebens betrifft Implantate, welche mehr als 4 mm Knochenabbau und Sondierungstiefen von mehr als 7 mm aufweisen. Außerdem können Empfindlichkeiten bei Belastung oder gelegentliche Exsudation vorliegen.

Implantate werden als Misserfolg gewertet, wenn eine der folgenden Faktoren vorliegt:

- Schmerz bei Belastung
- Beweglichkeit
- Knochenverlust von mehr als 50% der Implantatlänge
- Unkontrolliertes Exsudat
- Bereits entfernte Implantate

Aktuell gibt es keinen nationalen oder internationalen Konsens zur Definition eines Implantaterfolgs ¹⁰⁹. Zu den am häufigsten verwendeten Erfolgskriterien gehören die Kriterien nach Albrektsson, Buser, NIH und Naert & Snauwaert ^{89,109}. Die Erfolgskriterien nach Albrektsson sind die in der Literatur meist verwendeten Kriterien. ¹¹⁰

Die vier am häufigsten verwendeten Parameter bezogen auf den Implantaterfolg sind in Verbindung mit mechanischer Stabilität, periimplantärem Weichgewebe, prothetischer Versorgung und der subjektiven Patientenbewertung ¹¹⁰. Ein weiteres Kriterium, das bei allen Erfolgskriterien vorhanden ist, ist die Osseointegration des Implantats ¹¹⁰. Eine Schmerzfreiheit gegen horizontale und vertikale Kräfte nach der Einheilungsphase ist als primäres subjektives Kriterium anzusehen ⁸⁷. Implantate, die nach dem Einsetzen

noch Schmerzen verursachen, sollten entfernt werden ⁸⁷. Viele Studien differenzieren nicht zwischen Überleben und Erfolg der Implantate ¹². In der Literatur finden sich am häufigsten Angaben zum Implantatüberleben ¹¹¹. In einer deutschen Studie von 2003 von Buch *et al.* wurden Erfolgskriterien für dentale Implantate miteinander verglichen, indem verschiedene Kriterien an dem gleichen Patientenkollektiv angewendet wurden. Bei einer Überlebensrate von 95% nach 6 Jahren kamen die Autoren zu sehr unterschiedlichen Erfolgsraten zwischen 75% und 89% ¹⁰⁹. Wobei nach den Kriterien von Jahn-d'Hoedt eine Erfolgsrate von 75% und nach Naert von 89% beschrieben wurden ¹⁰⁹. Dies wurde auch schon 2001 in einer Studie von Weibrich *et al.* beschrieben, in der die Überlebensrate 95,9%, jedoch der Erfolg nach Jahn-d'Hoedt Kriterien mit 71% und nach Buser Kriterien mit 85,7% ermittelt wurden ⁸⁹. So schlugen Buch *et al.* 2003 anstatt der häufig verwendeten Erfolgskriterien die Neuentwicklung eines Erfolgsscores vor, der objektiv evaluierbare klinische und prothetische Parameter und ebenfalls subjektive Punktwerte enthält, die die Patientenzufriedenheit widerspiegeln ¹⁰⁹.

1.8 Periimplantitis

Mögliche Komplikationen von osseointegrierten dentalen Implantaten sind entzündliche Zustände, die mit Bakterien assoziiert sind. Bei Implantaten können zwei Varianten unterschieden werden: die periimplantäre Mukositis und die Periimplantitis. Das Vorliegen einer lokalen Entzündung ist ein gemeinsames Merkmal beider Erkrankungen. Nur bei der Periimplantitis kommt es zu einem Verlust des umliegenden Knochens ^{9, 86, 112, 113, 114}. Beide Erkrankungen haben viele Gemeinsamkeiten und werden oft in der Forschung zusammen untersucht ^{112, 114}. Im Gegensatz zur Mukositis ist die Periimplantitis eine irreversible und fortschreitende Erkrankung, die mit Knochenabbau, verminderter Osseointegration, vermehrter Taschenbildung und Eiterbildung einhergeht¹⁰⁰. Die Prävalenz der periimplantären Mukositis wird auf 19% bis 65% und die Prävalenz der Periimplantitis zwischen 1% und 47% geschätzt ¹¹⁵. Die geschätzten gewichteten mittleren Prävalenzen für periimplantäre Mukositis und Periimplantitis liegen laut Literatur bei 43% ¹¹⁵.

Die periimplantäre Mukositis und Periimplantitis sollten als Analogie zur Gingivitis und Parodontitis des Periodontium der natürlichen Zähne angesehen werden ^{100, 116}. Beide Erkrankungsarten entstehen durch eine Dysbalance zwischen lokalen Bakterien und der körpereigenen Abwehr ¹¹⁴ in Assoziation mit vorhandenem Biofilm ^{113, 117}. Bei den Bakterien handelt es sich meist um gramnegative anaerobe Stäbchen, Spirochäten und Fusobakterien ¹¹⁶. Die Bakterienflora an Zahnoberflächen und Implantatoberflächen unterscheidet sich generell nicht voneinander ¹¹⁸. Ein Vergleich der Ansammlung von

Biofilm an Zahn und Implantat desselben Wirts, zeigte keinen Unterschied in der Entwicklung von Gingivitis bzw. Mukositis ^{112, 118}. Lang *et al.* vermuten, dass aufgrund der schlechteren Vaskularisation um die Implantate im Vergleich zum natürlichen Zahn schlechter gegen die periimplantäre Mukositis entgegengewirkt werden kann ¹¹⁸. Den Bakterien ist es über verschiedene Mechanismen möglich, periimplantäres Gewebe zu beschädigen und zu zerstören ²⁸. Auch können Bakterien, die durch Kontamination während der Implantation an die Implantatoberfläche kommen, den Einheilungsprozess und die Osseointegration stören ²⁸.

Die periimplantäre Mukositis scheint der Periimplantitis vorauszugehen ¹¹³. So wird in einer Übersichtsarbeit von Derks *et al.* vermutet, dass eine nicht behandelte periimplantäre Mukositis in eine Periimplantitis übergeht ¹¹⁵. Ein fortschreitender Knochenverlust in Folge einer Periimplantitis kann zum Implantatverlust führen ^{28, 94, 94, 119}. Beide Erkrankungen entstehen aufgrund eines vorhandenen bakteriellen Biofilms ¹¹². Smeets *et al.* definieren die Mukositis als einen bakteriell bedingten, reversiblen Entzündungsprozess des periimplantären Weichgewebes mit Rötung, Schwellung und Blutung bei parodontaler Sondierung ¹⁰⁰.

Schwarz *et al.* definieren die Periimplantitis als einen pathologischen Zustand, der im periimplantären Gewebe auftritt und durch eine Entzündung der periimplantären Schleimhaut und einen fortschreitenden Verlust des tragenden Knochens gekennzeichnet ist ^{113, 118}. Die Definition von Periimplantitis variierte zwischen den Studien erheblich, was darauf hindeutet, dass eine eindeutige Definition basierend auf einem bestimmten Schwellenwert für Knochenverlust in der Literatur nicht vereinbart werden kann ¹²⁰. Ein geringfügiger Knochenverlust, der zu einer Periimplantitis führt, tritt bei 1–2% der Implantate nach 10 Jahren oder länger auf ⁹. Bereits ein Knochenverlust von mehr als 0,44 mm pro Jahr wird von Galindo- Moreno *et al.* als Indikator für eine Periimplantitis gesehen ³⁸. Die Studienlage weist darauf hin, dass ein fortschreitender krestaler Knochenabbau nach dem Remodeling um dentale Implantate ohne klinische Anzeichen einer Entzündung ein seltenes Ereignis ist ^{113, 118}. Der Knochenverlust beginnt krestal und setzt sich in apikaler Richtung fort. Da eine ausreichende Osseointegration apikal des Defekts aufrechterhalten wird, kommt es zunächst nicht zu einer Erhöhung der Mobilität des Implantats bei fortschreitendem Knochenverlust ¹¹⁹.

Zu den Risikofaktoren für Periimplantitis gehören Rauchen ^{94, 100, 114, 117, 119, 121, 57, 90}, Patient*innen Compliance ¹⁰⁰, Mundhygiene ^{94, 100, 114}, Parodontitis ^{100, 114}, Bestrahlung ^{57, 117}, und systemische Erkrankungen ¹⁰⁰. Ob das Nichtvorhandensein von keratinisierter Gingiva um das Implantat einen Einfluss auf die Entstehung oder das Fortschreiten der Erkrankung hat, ist nicht vollständig geklärt ¹¹⁴.

Laut Schwarz *et al.* soll bei der Diagnose der Periimplantitis eine Taschensondierung und eine Röntgendiagnostik erfolgen ¹¹³. Von Mombelli *et al.* und Doornewaard *et al.* wird das Vorhandensein einer Blutung bei Sondierung nicht als zuverlässiger Indikator für eine periimplantäre Entzündung gewertet ^{119, 120}. Aber das Ausbleiben einer Blutung sei ein guter Indikator für ein zukünftiges stabiles periimplantäres Weichgewebeverhältnis ¹²⁰. Coli *et al.* vermuten, dass eine Blutung bei Sondierung nicht unbedingt mit einer Periimplantitis oder generell mit einer Entzündung zusammenhängen muss, sondern auch als Teil der natürlichen Fremdkörperreaktion bei der Osseointegration auftreten kann ³⁹.

Eine Blutung bei Sondierung und die Sondierungstiefe um Implantate herum scheinen nicht immer mit dem Umfang des Knochenverlusts zu korrelieren ¹²⁰. Eine Sondierung mit zu hoher Kraft kann eine Blutung auch in gesunden Zahnfleischtaschen hervorrufen. Mit einer Kraft um 0,25 Newton sollte es nicht zu einer Schädigung des periimplantären Gewebes während der Sondierung kommen und produziert so keine Blutung im gesunden Gewebe und verhindert somit falsch positive Werte ¹¹⁴. Ein Grenzwert für die Sondierungstiefe, die erreicht werden muss, um eine Periimplantitis zu diagnostizieren ist nicht genau festgelegt und wird in der Literatur oft diskutiert. So sagen Mombelli *et al.*, dass eine Grenze von 5 mm oder mehr festgelegt ist ¹¹⁹. Koldslund *et al.* beschreiben bereits 4 mm tiefe Taschen in Verbindung mit mehr als 2 mm Knochenverlust als Zeichen einer Periimplantitis ¹²². Coli *et al.* schreiben, dass bei Implantaten eine Sondierungstiefe von mehr als 4 mm nicht für ein entzündliches Geschehen oder Knochenverlust stehen muss ³⁹. Auch wird darauf hingewiesen, dass eigentlich nur eine fortschreitende Vertiefung der Taschen ein klares Zeichen einer aktiven Erkrankung ist ¹²³.

Zur Ermittlung des periimplantären Knochenniveaus wird eine regelmäßige Röntgenkontrolle empfohlen ¹¹⁸. Zusätzlich kann dies auch erfolgen, wenn eine Taschentiefe von mehr als 5 mm gemessen wurde ¹²¹.

Da die Periimplantitis einen irreversiblen Prozess darstellt, nicht heilbar ist und die Folgen teilweise nicht reversibel sind, ist die Prävention das angezeigte Mittel ¹⁰⁰. Eine ideale Therapie setzt sich aus der Summe von Ansätzen hinsichtlich der multifaktoriellen Genese der Krankheit zusammen ¹⁰⁰. Die Prävention fängt mit der Reduzierung der Risikofaktoren zum Entstehen der Erkrankung an ¹⁰⁰. Das wichtigste Instrument bleibt die Optimierung der oralen Hygiene ¹⁰⁰ und regelmäßige Kontrollen der periimplantären Verhältnisse ^{100, 113}.

1.9 Stand der Forschung

Nach Zahnverlust kommt es zu einer fortschreitenden Atrophie des Ober- und Unterkiefers^{31, 35, 78, 123}. Erworbenem fortgeschrittenem Knochenverlust als Folge von Zahnverlust kann durch Infektionen, Traumata oder angeborene/entwicklungsbedingte Anomalien noch verstärkt werden¹²⁴. Für die zahnärztliche Rehabilitation von teilbezahnten oder zahnlosen Patienten sind dentale Implantate das Mittel der Wahl^{10, 12, 13}. Für die erfolgreiche Implantation ist ein ausreichendes Knochenangebot vonnöten^{14, 17}. Aktuell gelten autologe Knochentransplantate auf Grund ihrer osteokonduktiven, osteoinduktiven und osteogenen Eigenschaften und den günstigen immunologischen Reaktion auf das Transplantat noch immer als „Goldstandard“⁴⁵. Unter den autologen Spenderegionen, die für eine Kieferknochenaugmentation verwendet werden, ist der Beckenkamm die häufigste Region⁷³. Die Entwicklung chirurgischer Techniken in den letzten Jahrzehnten hat es ermöglicht, auch größere Segmente im Ober- und Unterkiefer zu rekonstruieren und augmentieren¹²⁵. Damit ist es möglich, die Gesichtsstruktur, das Sprechen, das Schlucken, das Kauen wiederherzustellen und die Grundlage für weitere osseointegrierte Implantate und die prothetische Rehabilitation des Patienten oder der Patientin zu schaffen¹²⁵. Für den Aufbau kleinerer Defekte werden zwar die intraoralen Spenderegionen wichtiger, aber für große und voluminöse Augmentationen bleibt der Beckenkamm die adäquate Knochenquelle. Dimitriou *et al.* sehen die autologe Beckenkammtransplantation für die Kieferaugmentation als „Goldstandard“⁴⁸.

Aktuell gibt es mehrere hundert Studien zur Überlebensrate von Implantaten und einige Studien zum Erfolg nach bestimmten Erfolgskriterien. Jedoch zum Überleben und den Erfolgsraten von Implantaten, die in einen Bereich gesetzt wurden, der zuvor mit Beckenkamm augmentiert wurde, gibt es deutlich weniger Studien. Bereits 1996 schrieben Åstrand *et al.* über die Kombination von Onlay-Kieferknochenaugmentationen mit Beckenkamm und dentalen Implantaten. Es wurden 17 Patient*innen mit einem Beobachtungszeitraum von 3 Jahren untersucht und ein Implantatüberleben von 75% ermittelt¹²³. Ebenfalls 1996 veröffentlichten Blomqvist *et al.* eine retrospektive Studie über das Implantatüberleben im Bereich von mit Beckenkammpongiosa durchgeführten Sinuslifts. Die Autoren beschrieben ein Überlebensrate von 84,8% 3 bis 49 Monaten nach Implantation¹²⁶. Zwei Jahre später publizierten dieselben Autoren eine Folgestudie, die ein Implantatüberleben von 80,9% zeigte¹²⁷. Ein Implantatüberleben von 100% im mit Beckenkammblöcken augmentierten Bereich wurde von Verhoeven *et al.* 1997 berichtet. Dabei handelt es sich um eine Gruppe von 13 Patient*innen mit insgesamt 30 inserierten Implantaten³³. Im Jahr 2000 untersuchten Joss *et al.* das

Überleben von Implantaten, die in Kieferregionen gesetzt wurden, die mit freien Beckenkammtransplantaten augmentiert wurden. Sie beschrieben ein Implantatüberleben von 96%⁴⁰. In den folgenden 20 Jahren wurden noch weitere Studien zu den Ergebnissen von Implantatüberleben von Implantaten im mit Beckenkamm augmentierten Kiefer veröffentlicht^{13, 32, 57, 78, 84, 85, 89, 111, 128–133}. In diesen Studien wird das Implantatüberleben zwischen 75% bis 100% bei einer Verweildauer zwischen 6 und 165 Monaten angegeben. Wenige Autoren, wie Weiblich *et al.*⁸⁹, Chiapasco *et al.*⁸⁴, und Attia *et al.*⁶⁴ betrachteten zusätzlich zum Implantatüberleben noch einen vorher definierten Implantaterfolg. Dabei wurde meist das Erfolgskriterium nach Albrektsson verwendet¹⁰⁹. Studien, die ein Überleben von 100% zeigen, wie zum Beispiel die von Nguyen *et al.*, untersuchten nur wenige Patient*innen, in diesen Fall 7¹²⁸. Prospektive Studien zu diesem spezifischen Thema sind meist mit geringer Patientenzahl von 12 bis 60 Personen, wie zwei holländische Studien aus den Jahren 2006³² und 2014¹¹¹. In einer Übersichtsarbeit über autologe Onlay-Osteoplastiken von Clementini *et al.* werden Überlebensraten der Implantate von 72,8% bis 97% bei einem Beobachtungszeitraum von 6 bis 120 Monaten berichtet¹². Aloy-Prósper *et al.* unterscheiden in ihrer Übersichtsarbeit zwischen vertikalen und horizontalen Kieferaugmentationen. Dabei wurde ein Implantatüberleben von 89,5% bis 100% bei vertikalen und 96,9% bis 100% bei horizontalen Augmentationen beschrieben⁵⁸. Elnayef *et al.* schrieben in ihrer Übersichtsarbeit, dass unabhängig von den Augmentationsverfahren das Implantatüberleben kurzfristig sehr gut sei⁵⁶. Eine Übersichtsarbeit von Khadembaschi 2020 beschreibt nach Augmentationen mit Fibula- oder Beckenkammmaterial ein durchschnittliches Implantatüberleben von 94% bei beiden Verfahren¹³⁴. Ebenso ergibt sich beim Vergleich von Implantaten im mit Beckenkamm augmentierten Kiefer oder mit Knochendistraktion verbesserten Knochenangebot kein statistischer Unterschied des Implantatüberlebens¹³. Boven *et al.* stellen dar, dass das Implantatüberleben zwischen augmentiertem Knochen und nativen Knochen vergleichbar gut sei¹³⁰. Ein zweizeitiges Vorgehen scheint ein besseres Ergebnis zu erzielen, als ein einzeitiges Vorgehen⁵³. Eine neue Metaanalyse von Ma *et al.* aus dem Jahr 2021 widerspricht diesem und sagt aus, dass einzeitiges und zweizeitiges Vorgehen sich nicht statistisch im Implantatüberleben unterscheiden¹³⁵. Mehrere Autoren verlangen für zukünftige Studien spezifische Langzeitergebnisse von Implantaten im mit Beckenkamm augmentierten Bereich^{45, 56, 58, 129}.

Barone *et al.* beschrieben 2007 den Einheilungserfolg von Beckenkammblocktransplantaten mit 97% als sehr gut¹²⁸. Auch ist der Knochenabbau nach Knochenaugmentation der Fokus mehrerer Studien. So wird zum einen der

Volumenschwund des Knochentransplantats und zum anderen der vertikale periimplantäre Knochenverlust betrachtet. Der Volumenschwund wird in Bezug zur ursprünglichen Transplantatgröße in Prozent (%) angegeben. So wird von Coopman *et al.* in einer Übersichtsarbeit mit Werten zwischen 5% und 50% bei Sinuslifts und zwischen 5% und 47% bei lateralen Knochenaugmentationen unabhängig vom Zeitpunkt der Nachuntersuchung angegeben ⁶⁰. In diesen weiten Bereichen bewegen sich ebenfalls die Ergebnisse anderer Autoren ^{72, 85, 131, 136}. Cansiz *et al.* differenzierten diese Volumenreduzierung in drei Zeitspannen nach Augmentation. In den ersten drei Wochen gingen durchschnittlich 31,42% verloren, bis Ende des ersten Jahres erhöhte sich dieser Wert auf 33,96% und nach drei Jahren sind 37,96% des Volumens verloren gegangen ⁸⁶. Diesen signifikanten Knochenabbau in den ersten drei Wochen bis drei Monaten deckt sich mit den Aussagen von Joos *et al.*, Boven *et al.* und Chiapasco *et al.* und verlangsamt sich bis fast zum Stillstand nach dem Setzen von dentalen Implantaten ^{40, 49, 130}.

Der periimplantäre Knochenabbau wurde von Bell *et al.* mit 0,1 mm pro Jahr berichtet ¹³⁴. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Sjöstrom *et al.*, die 0,3 mm nach drei Jahren gemessen haben ⁵⁰. Nyström *et al.* berichten von 1,8 mm Abbau im ersten Jahr und 2,3 mm nach fünf Jahren und 2,4 mm nach zehn Jahren ¹²⁹. Boven *et al.* berichtet von 0,6 mm Abbau nach fünf Jahren und Fretwurst *et al.* von 1,8 mm Abbau nach zehn Jahren ^{130, 132}. Calvo-Gurirado *et al.* differenzieren zwischen mesialem und distalem Knochenabbau nach fünf Jahren, der mit 3,42 mm und 3,38 mm respektiv gemessen wurde ¹³⁷. In 2019 publizierten Fuglsig *et al.* einen Abbau von 2,7 mm nach fünf Jahren und 4,2 mm nach zehn Jahren ¹³⁸. Im selben Jahr veröffentlichten Nguyen *et al.* Ergebnisse mit einem Knochenabbau von 4,05 mm nach fünf Jahren ¹³¹.

In der Forschung herrscht kein Konsens darüber, ob der Knochenabbau vom Geschlecht abhängig ist oder nicht. Fretwurst *et al.* diskutieren, dass der durchschnittliche Knochenabbau nach zehn Jahren bei weiblichen Patienten mit 2 mm signifikant höher ist als bei männlichen Patienten mit 1 mm ¹³². Nyström *et al.* beschreiben das genaue Gegenteil, dass bei männlichen Patienten signifikant mehr Knochenabbau zu beobachten ist ¹²⁹. Balshi *et al.* und Attia *et al.* behaupten, dass es keinen Unterschied im Knochenabbau von Knochentransplantaten zwischen beiden Geschlechtern zu beobachten gibt ^{139, 140}.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass die Thematik der dentalen Implantate in augmentierten Knochen bereits Gegenstand der Forschung in der Vergangenheit war. Der Fokus auf Langzeitergebnisse ist bisher aber nicht ausreichend beleuchtet worden, obwohl es, wie zuvor erläutert, von mehreren Autoren gefordert wurde ¹⁴¹. Die

vorliegende Arbeit will mit ihrem Fokus auf Implantate mit einer Mindestverweildauer von fünf Jahren im mit Beckenkamm augmentierten Kieferknochen zum Erkenntnisgewinn bezüglich Implantatüberleben, Implantaterfolg und Knochenabbau beitragen.

1.10 Fragestellung und Zielsetzung dieser Arbeit

Die vorliegende retrospektive Studie beschäftigt sich mit dem langfristigen Erfolg von Implantaten, die in einen Bereich des Kiefers platziert wurden, der vorher mit autologen Beckenknochen augmentiert wurde. Dafür wurden die Überlebensrate und die Erfolgsraten gemäß Buser, Albrektsson und Naert & Snauwaert ermittelt. Folgende Fragen sollen anhand der vorliegenden Arbeit beantwortet werden, um die Langzeiterfolgsrate der Implantate zu bewerten.

Hauptfrage:

1. Wie hoch ist die Erfolgsrate nach Buser bzw. die Verlustrate bei Implantaten mit einer Verweildauer von über fünf Jahren im mittels Beckenkammtransplantaten augmentierten Kieferbereich?

Nebenfragen:

1. Wie hoch ist die Erfolgsrate nach Albrektsson und Naert & Snauwaert bei Implantaten mit einer Verweildauer von über fünf Jahren im mittels Beckenkammtransplantaten augmentierten Kieferbereich, bzw. wie hoch ist die Implantatverlustrate?
2. Wie hoch ist die Zufriedenheit der Patient*innen mit der damals durchgeführten Behandlung?
3. Wie hoch ist der Knochenverlust in unmittelbarer Umgebung der Implantate von freien Beckenkammtransplantaten nach einer Verweildauer von über fünf Jahren einzuschätzen?
4. Gibt es einen geschlechtsabhängigen Unterschied beim Knochenverlust?

Hypothesen

- Nach den Kriterien von Buser werden die meisten (mehr als 80%) Implantate in Beckenkammtransplantaten auch nach mindestens fünf Jahren einen Erfolg darstellen.
- Der durchschnittliche Knochenverlust wird einen ungefähren Wert von 2 mm plus 0,2 mm pro Jahr in der Mundhöhle betragen.

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

In dieser klinischen Studie wurden alle Patienten, die zwischen den Jahren 2000 und 2013 an der Klinik für Mund-, Kiefer,- Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen mit enossalen dentalen Implantaten versorgt wurden und zuvor eine Knochenaugmentation mit Beckenkammknochen erhalten haben, einbezogen. Die Nachuntersuchungen wurden zwischen November 2015 und April 2018 so vollzogen, dass zwischen Implantation und Nachuntersuchung mindestens 5 Jahre lagen. Dabei handelte es sich um 192 Patienten.

2.1.1 Einschlusskriterien

Die individuelle Anzahl der gesetzten Implantate, Alter und Geschlecht der Patienten und die Art der Augmentation spielten keine Rolle, solange diese mit autologem Beckenkammknochen erfolgte. Die Einschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie waren:

- Mindestalter der Patienten: 18 Jahre
- Augmentation des Kieferknochens mit autologem freien Knochentransplantat aus dem Beckenkamm
- Implantation von enossalen dentalen Implantaten im augmentierten Bereich
- Beide Prozeduren mussten in der Abteilung für Mund-, Kiefer, Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen erfolgt sein
- Verweildauer der Implantate von mindesten 5 Jahren im Kiefer

2.1.2 Ausschlusskriterien

Die Ausschlusskriterien waren:

- Vorherige Strahlentherapie, wegen der höheren Verlustraten^{142,143}
- Einnahme von Bisphosphonaten, da es nicht klar ist, ob diese den Implantaterfolg beeinträchtigen¹⁴⁴
- Allgemein schlechte körperliche Verfassung bzw. unzureichende Geschäftstüchtigkeit
- Schwangerschaft, zum Schutz des Fötus vor der radiologischen Untersuchung¹⁴⁵

2.1.3 Rekrutierung der Patienten

Die Rekrutierung der Patienten erfolgte auf dem postalischen Weg (Anlage 9.1 Patientenansreiben). In diesem Brief wurden die Patienten mit einem vorgeschlagenen Untersuchungstermin zu einer freiwilligen Nachkontrolle im Rahmen der jährlichen Nachkontrolle aufgefordert. Manche Patienten mussten nicht postalisch

kontaktiert werden, da diese die jährliche Kontrolle regelmäßig wahrnahmen. Bei dem Termin wurden die Patienten über eine freiwillige Teilnahme an der Studie aufgeklärt und die Einwilligung zur Teilnahme dokumentiert (Anlage 9.3 Einwilligungserklärung).

2.1.4 Dauer der Studie

Die Nachuntersuchungen der Studie wurden zwischen November 2015 und April 2018 durchgeführt. Somit dauerte die Datenermittlung 30 Monate.

2.2 Studiendesign

Die Studie wurde als eine offene, klinische, retrospektive Studie angelegt. Sie wurde als therapeutische Prüfung klassifiziert und die Art der Datenanalyse war deskriptiv in Form einer Follow-Up Studie. Die Datenerhebung erfolgte durch den gleichen Untersucher. Die Untersuchung beinhaltete einen Fragebogen, eine klinische und eine radiologische Routineuntersuchung der Implantate (Anlage 9.4 Patientenfragebogen). Die Datenerfassung erfolgte nach einer Aufklärung zur Teilnahme an der Studie (Anlage 9.2 Patientenaufklärung) gemäß der damals gültigen Datenschutzverordnung vor Mai 2018.

2.3 Methoden

2.3.1 Kalibrierung des Untersuchers

Um mögliche Messfehler und andere Störvariablen zu minimieren, wurde der Untersucher vor der Studiendurchführung kalibriert. Hierfür wurden für die radiologische Kalibrierung zehn zufällig ausgewählte Orthopantomogramme (OPG) ausgewertet und die Auswertung mit einem erfahrenen Fachzahnarzt für Oralchirurgie besprochen. Die Kalibrierung für die klinische Untersuchung erfolgte indem bei 50 Implantaten die nachfolgenden Parameter erhoben und von einem erfahrenen Fachzahnarzt für Oralchirurgie kontrolliert wurden. Die Übereinstimmung der gemessenen Werte beider Untersucher wurden verglichen. Die Übereinstimmung der Messungen wurde mittels Kappa und Bland-Altman Analyse durchgeführt. Für den Plaqueindex wurde ein Kappa Wert von 0,940 ($p \leq 0.001$), für die Sondierungstiefen von 0,929 ($p \leq 0.001$), für Blutung bei Sondierung von 0,860 ($p \leq 0.001$) und für den Periotest® von 0,977 ($p \leq 0.001$) ermittelt. Für den Lockerungsgrad wurde keine Variation festgestellt und somit konnte kein Kappa Wert errechnet werden. Die Übereinstimmung im radiologisch gemessenen Knochenverlust wurde mit den Bland-Altman analysiert. Es wurde ein Bias von 0 +/- 0,07 detektiert. Anhand dieser Werte zeigt sich eine erfolgreiche Kalibrierung des Untersuchers.

2.3.2 Primärparameter

Die beiden Primärparameter, die in dieser Studie gemessen wurden, sind die Überlebensrate und die Erfolgsrate der Implantate.

2.3.2.1 Überlebensrate

Alle Implantate, die sich zum Zeitpunkt der klinischen Untersuchung *in situ* befanden und eine funktionstüchtige prothetische Versorgung hatten, wurden als überlebend gewertet. Stillgelegte (so genannte „*Sleeping Implants*“) wurden, da diese sich *in situ* befanden, als überlebende Implantate gewertet. Frakturierte Implantate oder spontane Verluste wurden als explantierte Implantate gewertet. Die Patienten wurden nach der klinischen Untersuchung gefragt, ob bei ihnen ein Implantat explantiert werden musste. Sollte dies aufgetreten sein, wurde das Explantationsdatum dokumentiert.

2.3.2.2 Erfolgskriterien

Die erhobenen Daten konnten nach der Untersuchung verwendet werden, um den Erfolg der Implantate zu ermitteln. Dafür wurden drei Erfolgskriterien verwendet. Bei allen Kriterien wurden explantierte Implantate direkt als Misserfolg gewertet.

1. Die Erfolgskriterien nach Buser (1990)¹⁰⁶:

- Abwesenheit persistierender subjektiver Beschwerden wie Schmerz, Fremdkörpergefühl und/oder Dysästhesie
- Abwesenheit einer rezidivierenden periimplantären Infektion mit putriden Sekretion
- Abwesenheit einer Mobilität des Implantats
- Abwesenheit einer kontinuierlichen periimplantären Radiotransluzenz
- Möglichkeit einer prothetischen Versorgung

Sollte jedoch eines dieser Kriterien nicht erfüllt sein, wird das Implantat als Misserfolg gewertet.

2. Erfolgskriterien nach Albrektsson (1986)¹⁰⁴:

- Ein unverblocktes Einzelzahnimplantat zeigt bei klinischer Prüfung keine Mobilität
- Periimplantär darf es keine Anzeichen radiologischer Transluzenz geben
- Der vertikale Knochenabbau sollte nach dem ersten Jahr unter Belastung weniger als 0,2 mm pro Jahr betragen
- Das klinische Erscheinungsbild muss frei sein von Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzungen des Canalis mandibularis

3. Erfolgskriterien nach Naert (1992)¹⁰⁷ und Snauwaert (2000)¹⁰⁸:

- Das Implantat darf keine Mobilität aufweisen. Der Periotest[®]-Wert liegt im Bereich von -5 bis +5 bzw. muss kleiner +8 sein.
- Es findet sich keine periimplantäre Radiotransluzenz
- Es gibt keine implantatinduzierten Schmerzen, Infektionen oder Parästhesien
- Es liegt keine Implantatfraktur vor
- Das Implantat muss zum prothetischen Zahnersatz herangezogen worden sein

2.3.3 Sekundärparameter

2.3.3.1 Implantatposition

Bei jedem untersuchten Implantat wurde als erstes die Implantatposition dokumentiert. Dabei wurde das in Deutschland gängige Zahnschema verwendet, wobei das Implantat die Positionsnummer des ersetzten Zahnes bekam.

2.3.3.2 Plaqueindex (PLI)

In dieser Studie wurde der modifizierte Plaqueindex (PLI) nach Mombelli genutzt¹⁴⁶, da dieser für die Plaquekontrolle bei Implantaten konzipiert ist. Die Plaque wurde vorher nicht angefärbt. Der PLI wurde in vier verschiedene Grade mit den folgenden Ausprägungen unterteilt:

- Grad 0: keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen
- Grad 1: Ansammlung von Plaque, die nur durch Sondierung des Sulkus sichtbar wird
- Grad 2: sichtbare Plaqueablagerung
- Grad 3: massive Plaqueablagerung

Bei jedem untersuchten Implantat wurde nach diesem Index die Plaque an der mesialen, distalen, oralen und vestibulären Fläche ermittelt und dokumentiert. Eine Blutung oder Auftreten von Pus aus dem Sulkus bei Sondierung wurde zusätzlich dokumentiert.

2.3.4 Sondierungstiefe

Die Sondierungstiefen wurde erhoben, da sie zur Diagnostik von periimplantärem Knochenverlust und Periimplantitis gehört¹²¹. Zur Ermittlung der Sondierungstiefen der dentalen Implantate wurde die Click-Probe[®] der Firma Kerr Dental, Bioggio, Schweiz, verwendet. Hierbei handelt es sich um eine Kunststoffsonde, die ein Verkratzen der Implantatoberfläche vermeidet. Die Spitze ist mit einer Markierung von 3 mm Intervallen versehen. Um eine zu große Kraft beim Sondieren zu vermeiden und eine reproduzierbare und genaue Tiefenmessung zu gewährleisten, ist ein gut hörbares: „Klick“ zu hören. Dieses Geräusch tritt auf, wenn die Sonde bei mehr als ca. 20 - 25 g = 0,2 - 0,25 N benutzt wurde. Wenn dies beim Untersuchen der Fall war,

wurde die Messung wiederholt, da eine erhöhte Krafteinwirkung zu einer erhöhten Sondierungstiefe führen kann. Damit konnte eine verbesserte Reproduzierbarkeit der Messungen erreicht werden ¹⁴⁷. Nicht sondierbare Taschen, durch zum Beispiel verblockte prothetische Versorgungen oder Pseudotaschen, wurden mit (*) auf den Dokumentationsbogen (Anlage 9.5-Patientenuntersuchungsbogen) gekennzeichnet.

2.3.5 Blutung bei Sondierung

Gleichzeitig mit der Messung der Sondierungstiefen wurde auch der Blutungsindex bestimmt, da er ebenfalls zur Periimplantitis-Diagnostik gehört ¹²¹. Eine Blutung in der das Implantat umgebenden Schleimhaut, die durch die Sondierung ausgelöst wurde, wurde mit (+) auf den Dokumentationsbogen versehen.

2.3.6 Lockerungsgrad

Die Mobilität der Implantate wurde durch horizontale Druckausübung auf das jeweilige Implantat ermittelt. Dafür wurden die Haltegriffe zweier zahnärztlicher Spiegel verwendet. Die Einteilung erfolgte nachfolgenden Kriterien¹⁴⁸:

- Grad 0 Keine erhöhte Beweglichkeit
- Grad I Fühlbare oder sichtbare horizontale Beweglichkeit bis 1 mm
- Grad II Sichtbare Beweglichkeit über 1 mm horizontal
- Grad III Bewegung durch Zungen- oder Lippendruck

Wenn eine Lockerung ermittelt wurde, wurde diese noch genauer klassifiziert als eine Implantatlockerung oder eine Lockerung des Abutments bzw. der prothetischen Versorgung. Sofern die Lockerung nicht das Implantat betraf und behoben werden konnte, wurde die Mobilität erneut untersucht.

2.3.7 Periotest®

Zur Messung der Implantatfestigkeit und der Osseointegration der dentalen Implantate wurde das Periotest®-Classic der deutschen Firma Gulden verwendet ¹⁴⁹. Das Gerät kann zur Messung an Zähnen und dentalen Implantaten verwendet werden. Bei der Messung ergaben sich Werte zwischen -8 und 50 woran die Osseointegration der Implantate beurteilt werden konnte¹⁵⁰.

Die Einteilung der Werte laut Hersteller sind in Tabelle 1 dargestellt ¹⁵¹:

Tabelle 1: Einteilung und Bedeutung der Periotest[®]-Werte laut Hersteller

Bereich der Periotest [®] -Werte	Bedeutung
- 8 bis 0	Gute Osseointegration; das Implantat ist gut eingewachsen und kann belastet werden
01 bis 09	Klinische Überprüfung ist erforderlich; eine Belastung des Implantats ist meist (noch) nicht möglich
10 oder größer	Die Osseointegration ist nicht ausreichend; das Implantat darf nicht belastet werden

Das Gerät wurde an jedem Untersuchungstag einer Funktionsprüfung unterzogen. Dafür wurde die Prüfhülse des Herstellers verwendet. Die Testmessung musste mit dem Wert auf der Hülse mit einer maximalen Abweichung von 2 Periotest[®]-Werten liegen. Bei Abweichung von mehr als 2 Periotest[®]-Werten lag ein Funktionsfehler vor und das Gerät konnte nicht verwendet werden.

Die Messung am Patienten wurde wie vom Hersteller vorgeschrieben durchgeführt. Nur wenn die Messung dreimal in Folge das gleiche Ergebnis anzeigte, wurde der Wert dokumentiert.

2.3.8 Keratinisierte Gingiva

Das Vorhandensein von keratinisierter Gingiva ist wichtig für die Prognose des Implantats ^{152, 153}. Die Gingiva wurde zuerst visuell zirkulär um das dentale Implantat überprüft. Bei nicht eindeutig beurteilbaren Verhältnissen wurde mittels eines zahnärztlichen Spiegels oder mit dem Finger die Wange bzw. die Lippe bewegt. Wenn sich die Schleimhaut in unmittelbarer Umgebung zum dentalen Implantat bei dieser Prozedur nicht mobilisieren ließ, wurde das Vorhandensein von keratinisierter Gingiva mit „Ja“ dokumentiert. Bewegte sich die Schleimhaut durch die Prozedur wurde ein „Nein“ dokumentiert.

2.3.9 Periimplantitis

Zur Beurteilung, ob eine Periimplantitis vorhanden ist, ist zum einen eine klinische und zum anderen eine radiologische Untersuchung zu beachten. Die Periimplantitis hat keine einheitliche Definition und mehrere Studien haben sich mit dieser Thematik befasst¹⁵⁴. Für diese Studie wurden die folgenden Merkmale als Zeichen einer Periimplantitis gewertet:

- Blutung bei Sondierung mit gegebenenfalls dem Auftreten von Pus
- Taschentiefen von mehr als 4 mm

- Vertikaler Knochenabbau von mehr als 1,5 mm im ersten Jahr nach Belastung und mehr als 0,2 mm in jedem darauffolgenden Jahr.

Beim Auftreten aller dieser Merkmale wurde das Vorhandensein einer periimplantären Infektion mit „Ja“ dokumentiert. Ein Ausbleiben der Merkmale wurde mit einem „Nein“ dokumentiert.

2.3.10 Prothetische Versorgung

Bei der Untersuchung wurde neben der Untersuchung des dentalen Implantats auch die Art der Suprakonstruktion dokumentiert. Die prothetische Versorgung wurde auf ihren festen Sitz auf dem Implantat überprüft und zusätzlich die Art dokumentiert. Dabei konnte es sich um eine herausnehmbare Versorgung, wie eine Teleskopprothese, auf einer Primärkonstruktion aus Primärkronen oder einer Steg-Konstruktion handeln. Alternativ konnte es sich auch um eine feste Versorgung mittels einer Einzelzahnkrone, einer Brücke oder einer verblockte Kronenkonstruktion handeln.

2.3.11 Radiologische Untersuchung

Vor der Untersuchung wurde der Untersucher wie in Abschnitt 2.3.1 „Kalibrierung des Untersuchers“ beschrieben kalibriert.

Zur Beurteilung des Knochenniveaus bzw. des periimplantären Knochenabbaus wurden OPGs verwendet. Des Weiteren konnte mit dieser Untersuchung eine periimplantäre Radiotransluzenz ausgeschlossen bzw. diagnostiziert werden.

Zur Ermittlung des Knochenabbaus wurden zwei Röntgenbilder verschiedener Zeitpunkte vermessen und miteinander verglichen. Zum einen ein postoperatives OPG und zum anderen ein OPG, welches zum Zeitpunkt der Untersuchung generiert oder maximal sechs Monate zuvor erstellt wurde ⁸⁹. Analoge postoperative Röntgenbilder wurden zuerst mittels eines speziellen Scanners in eine digitale Form umgewandelt.

Um die Änderung des Knochenniveaus mesial und distal des Implantates zu messen, wird in mehreren Studien eine intraorale Zahnfilmaufnahme in Rechtwinkeltechnik gefordert. ^{155 137}. Jedoch konnten auch schon Studien berichten, dass das OPG auch für die Messung des Knochenniveaus geeignet ist. ^{156 38 157 49, 50, 158}

Die Röntgenaufnahmen wurden mittels eines standardisierten Verfahrens gemäß den Angaben des Herstellers Sirona angefertigt. Es handelte sich um 2D Aufnahmen.

Die initiale Beurteilung des Röntgenbildes erfolgte nach einem standardisierten Verfahren. Zuerst wurden die Kiefergelenke, die Kieferhöhlen, der Canalis mandibularis und der Unterkieferrand beidseits beurteilt. Anschließend wurden die Zahnreihen bzw.

die dentalen Implantate begutachtet. Hierbei wurde besonders auf das Vorhandensein einer periimplantären Radiotransluzenz und die Nähe von Implantaten im Unterkiefer zum Canalis mandibulae geachtet, da dies für die Auswertung der Erfolgskriterien besonders wichtig ist. Abnormalitäten oder Auffälligkeiten wurden dokumentiert und mit den Patienten besprochen.

Die knöcherne Region um die Implantate wird genauer beurteilt und vermessen. Der vertikale knöcherne Abbau mesial und distal des Implantats wurde an einem Befundungsmonitor mit dem Programm SIDEXIS XS ermittelt. OPGs zeigen in ihren Aufnahmen bedingt durch die Bilderstellung eine gewisse Vergrößerung. Um dies zu berücksichtigen, wurde für jedes Implantat ein eigener vertikaler Vergrößerungsfaktor gemessen und errechnet. Dafür wurde die Implantatlänge, die Länge von der Implantatschulter bis zur Implantatbasis ⁵⁰, gemessen (Abbildung 2) und durch die eigentliche Implantatlänge dividiert. Dies lässt sich in der folgenden Formel darstellen.

$$\text{Vergrößerungsfaktor} = \frac{\text{gemessene Länge des Implantates}}{\text{eigentliche Länge des Implantates}}$$

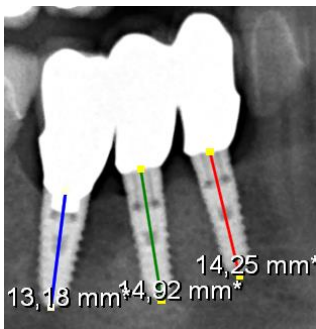


Abbildung 2 Längenmessung der Implantate zur Kalibrierung der Messungen. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen

Nach dieser Justierung wurde das mesiale und distale Knochenniveau gemessen. Dafür wurde die Distanz zwischen Implantatschulter und krestalen Knochenniveaus gemessen (Abbildung 3).^{50, 137}

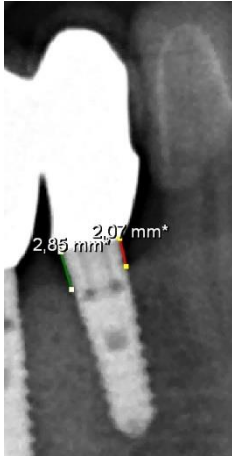


Abbildung 3 Messung der Implantatschulter zum krestalen Knochenrand. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

Um die tatsächliche Distanz zu ermitteln, wurde die gemessene Strecke durch den Vergrößerungsfaktor dividiert. Dies lässt sich in folgender Formel darstellen.

$$\text{tatsächliche Distanz} = \frac{\text{gemessene Distanz mesial bzw. distal}}{\text{Vergrößerungsfaktor}}$$

Der Knochenabbau wurde folglich errechnet, indem die Vermessung des Knochenniveaus bei der aktuellen und der postoperativen Röntgenaufnahme miteinander dividiert wurden. Der Knochenabbau entspricht der Differenz im Knochenniveau und kann bei jedem Implantat separat für mesial und distal errechnet werden. Dies lässt sich in folgender Formel darstellen.

$$\text{Knochenabbau} = - \frac{\text{Knochenniveau der aktuellen Aufnahme}}{\text{Knochenniveau der postoperativen Aufnahme}}$$

In seltenen Fällen kam es vor, dass kein postoperatives Röntgenbild zu Verfügung stand. In diesen Fällen wurde nach der Annahme, dass die Implantate meist epikrestal, mit der Implantatschulter auf einer Höhe mit den krestalen Knochenniveau, implantiert wurden, die Distanz zwischen Implantatschulter und Knochenniveau auf der aktuellen Aufnahme als Knochenabbau gewertet.

2.3.12 Fragebogen

Die Fragebögen wurden speziell für diese Studie konzipiert. Sie dienen der Ermittlung von Eigenaussagen und Meinungen bzw. Benotungen der Patienten ihrer Implantate. Der Fragebogen wurde zusammen mit dem Untersucher durchgegangen, um Missverständnisse zu vermeiden und offene Fragen zu besprechen. Der Untersucher war dabei objektiv, um die Patienten nicht zu beeinflussen.

2.3.13 Durchführung der Untersuchung

Die Untersuchungen erfolgten zwischen November 2015 und April 2018 und wurden wie folgt durchgeführt. Nachdem die Patienten auf postalischen Weg zu einer Nachuntersuchung eingeladen wurden und diesen Termin wahrnahmen, wurden Sie auf die Möglichkeit einer Studienteilnahme informiert. Wenn die Patienten einer Teilnahme zustimmten, folgte eine in vier Abschnitten unterteilte Untersuchung.

- 1. Aufklärung:** Zuerst wurde der Patient oder die Patientin über die Aspekte des Datenschutzes, Dauer und freiwillige Teilnahme an der Studie informiert. Die Zustimmung zum Datenschutz und zur Teilnahme wurden mit je einer Unterschrift bestätigt (Anlage 9.3 Einwilligung). Eine schriftliche Aufklärung wurde den Patienten zur eignen Verwahrung mitgegeben (Anlage 9.2 Patientenaufklärung).
- 2. Fragebogen:** Darauf folgte ein Fragebogen zu patientenbezogenen Daten. Dieser wurde zusammen mit dem Untersucher beantwortet und dokumentiert (Anlage 9.4 Patientenfragebogen).
- 3. Klinische Untersuchung:** Nach Abschluss des Fragebogens erfolgte die klinische Untersuchung. Hierzu wurde als erstes die Mundschleimhaut auf Veränderungen oder Auffälligkeiten untersucht. Danach erfolgte die Untersuchung der einzelnen Implantate. Jedes Implantat wurde auf die vorher beschriebenen klinischen Parameter wie Plaqueindex, Sondierungstiefen, Blutung bei Sondierung, Lockerungsgrad, Periotest[®] -Wert, Vorhandensein von keratinisierter Gingiva und Beurteilung, ob eine periimplantäre Infektion vorhanden ist, geprüft. Die Werte wurden im dafür vorgesehen Bogen (Anlage 9.4 Patientenuntersuchungsbogen) schriftlich festgehalten.
- 4. Radiologische Untersuchung:** Zum Abschluss wurde ein OPG der Patienten aufgenommen. Auf eine röntgenologische Untersuchung wurde verzichtet, wenn in den letzten sechs Monaten schon eine solche Aufnahme gemacht wurde und diese mitgebracht oder vom Hauszahnarzt angefordert werden konnte. Da eine regelmäßige radiologische Kontrolle der Knochenverhältnisse um die Implantate Teil der Recall-Untersuchung ist, konnte dieses für die Studie verwendet werden. Somit konnte eine zusätzliche Strahlenbelastung bei Studienteilnahme verhindert werden. Die Aufnahmen wurden mit einem Röntgengerät der Firma Sirona erstellt. Eine normale Auswertung der Röntgenbilder wurde mit den Patienten besprochen. Die genauere Auswertung der periimplantären Knochenverhältnisse wurden zu einem späteren Zeitpunkt an einen für Befundungen zugelassenen Monitor und dem Programm SIDEXIS XS vorgenommen.

2.3.14 Ethik

In der Sitzung vom 19.11.2015 wurde das Studienprotokoll der Ethikkommission des Fachbereiches Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen vorgelegt. Die Ethikkommission konnte keine rechtlichen oder wissenschaftlichen Mängel feststellen und das Vorgehen der Studie wurde aus ethischer Sicht genehmigt (Anlage 8.6 Votum der Ethik-Kommission AZ 202/15).

2.3.15 Datenschutz

Vor der Untersuchung wurden die Patienten über die Handhabung ihrer persönlichen Daten aufgeklärt. Die Aufklärung entsprach der zu dem Zeitpunkt gültigen Datenschutzgrundverordnung, da die Datenaufnahme der Studie einen Monat vor dem in Kraft treten der neuen Datenschutzverordnung vom 25.05.2018 beendet wurde. Die in der Untersuchung relevanten Werte wurden in den Patientenakten der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie dokumentiert. Die im Rahmen der Untersuchung gemachten intraoralen Fotoaufnahmen wurden in das elektronische Dokumentationssystem der Abteilung aufgenommen. Alle weiteren Daten, die nur für die Studie relevant sind, wurden zum einen in schriftlicher Form dokumentiert und zum anderen digital in Form einer Excel-Tabelle. In der Tabelle wurden die Patientennamen als Nummern pseudonymisiert. Jeder Patient oder jede Patientin wurde darüber aufgeklärt, dass seine oder ihre Daten nach Beendigung der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Die Patienten wurden ebenfalls aufgeklärt, dass ihre Fotos und Röntgenaufnahmen, sofern sie namenlos sind, in dieser Dissertation verwendet werden können. Jeder Patient oder jede Patientin hat dieser Datenschutzerklärung nach der Aufklärung zugestimmt und unterschrieben.

2.3.16 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Informatik, Abteilung Medizinische Statistik unter der Leitung von Dr. Jörn Pons-Kühnemann der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die Patientenbezogenen Daten wurden in einer Excel-Tabelle zusammengefasst und die Namen der Patienten als Nummern verschlüsselt, um die Anonymität der Patienten zu wahren. Für alle angewendeten statistischen Tests wurde als Signifikanzniveau $\alpha=0,05$ festgelegt. Daher wurde bei einem p-Wert unter 0,05 die Alternativhypothese angenommen und bei über 0,05 die Nullhypothese beibehalten. Bei dem Vergleich von Medianen wurde der Mann-Whitney-U-Test nach Mann-Whitney und Wilcoxon angewendet. Um Häufigkeiten zu vergleichen, wurde je nach Datenlage Fishers exakter Test oder der Chi-Quadrat-Test genutzt.

3. Ergebnisse

Die Hauptfrage der Studie konzentrierte sich auf die Erhebung der Langzeiterfolgsrate nach *Buser*¹⁰⁶ von Implantaten bei Patienten, die eine Kieferknochenaugmentation benötigten und diese Augmentation mit Beckenkammknochenblöcken oder -spongiosa vor über 5 Jahren durchgeführt wurde. Um den von *Buser* definierten Erfolg zu ermitteln, wurden verschiedene Untersuchungsmethoden eingesetzt.

Mit den erhobenen Ergebnissen und Messwerten wurden zusätzlich der Erfolg nach *Albrektsson*¹⁰⁴, *Naert*¹⁰⁷ und *Snauwaert*¹⁰⁸ ermittelt, um diese Ergebnisse mit den Erfolg nach *Buser* zu vergleichen. Der für die Kriterien nach *Albrektsson*¹⁰⁴, zu ermittelnde Knochenabbau wurde zusätzlich als Sekundärparameter erhoben.

3.1 Fallbeispiel

Folgend wird ein Fallbeispiel eines Patienten mit zahnlosem Ober- und Unterkiefer gezeigt, um die dieser Arbeit vorangegangenen Transplantationen und Implantationen zu veranschaulichen. Vor und während der Behandlung wurden im Rahmen der Dokumentation radiologische und fotografische Aufnahmen in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie am Universitätsklinikum Gießen gemacht.

Der Patient (männlich, 59 Jahre alt) litt unter einem stark atrophierten Ober- und Unterkiefer bei kompletter Zahnlosigkeit (Abbildung 4). Eine konventionelle Versorgung mit einer Totalprothese war mit suffizientem Halt und Haftung nicht lösbar. Daher entschied sich der Patient für eine implantatgetragene prothetische Versorgung. Für die Implantation von enossalen Implantaten war das vorhandene Knochenangebot nicht ausreichend und eine Augmentation mittels Beckenkammknochentransplantaten wurde durchgeführt.

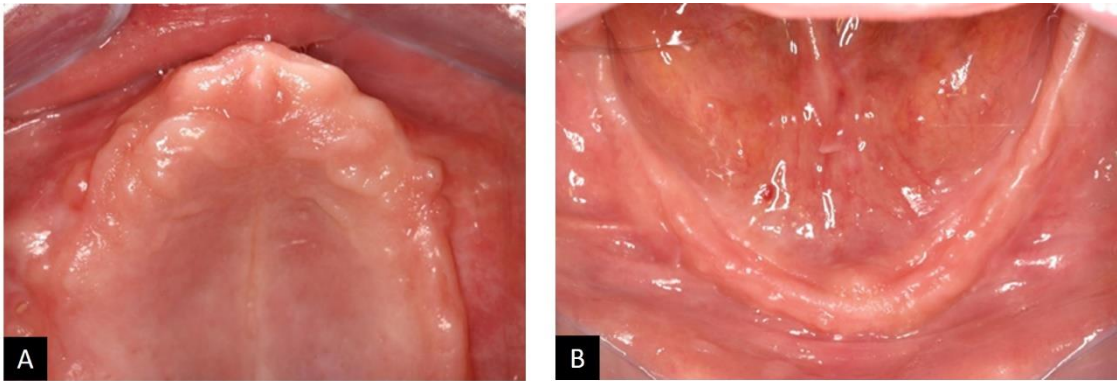


Abbildung 4 Fallbeispiel des zuvor beschriebenen Patienten. Fotografie des Ausgangsbefunds des Unter- (A) und Oberkiefers (B). Beide Kiefer sind zahnlos und eine ausgeprägte Atrophie des Kieferknochens ersichtlich. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen

Bei der Darstellung des Alveolarknochens während der Operation zeigte sich ein stark atrophierter Oberkiefer (Abbildung 5). Eine implantatgetragene prothetische Versorgung wäre ohne eine Augmentation nur schwierig möglich gewesen.

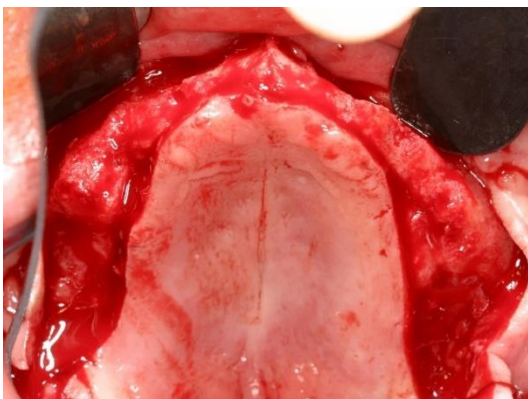


Abbildung 5 Intraoperative Situation des Oberkiefers nach Freilegung des Knochens mit partieller Knochenatrophie. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

Aus dem Beckenkamm entnommene Knochenblöcke wurden mittels Osteosyntheseschrauben an den notwendigen Positionen im Kiefer eingebracht (Abbildung 6).

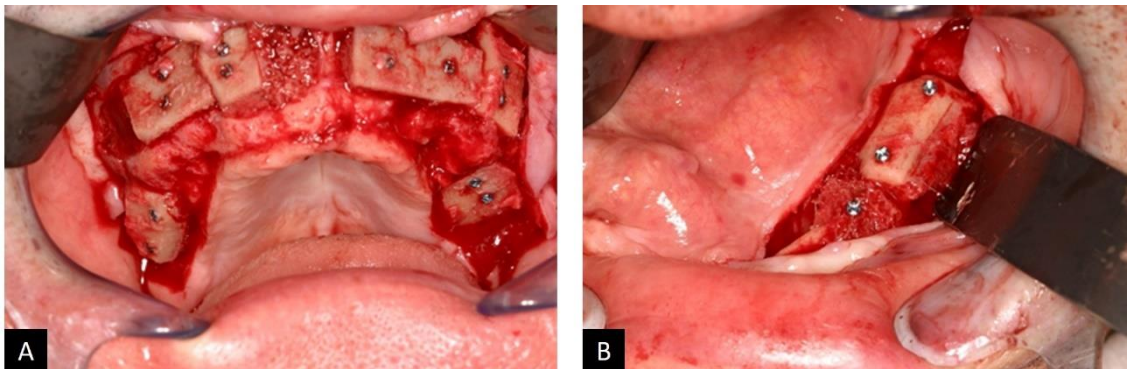


Abbildung 6 Intraoperative Situation des Knochenaufbaus im Ober- (A) und Unterkiefer (B) mit Beckenkammtransplantaten, die mit Osteosyntheseschrauben fixiert wurden. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

Nach einer Einheilphase von 3 bis 6 Monaten zeigte sich ein vergrößertes und stabileres Knochenangebot in beiden Kiefern (Abbildung 7).

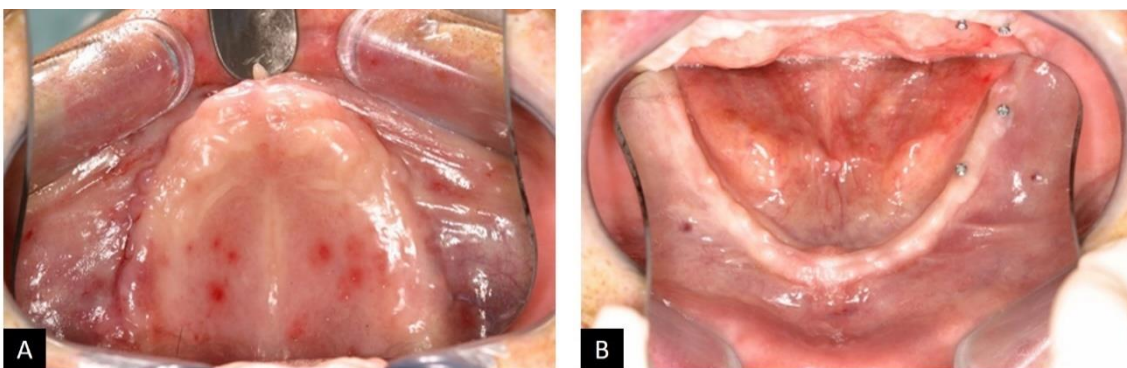


Abbildung 7 Zustand des Ober- (A) und Unterkiefers (B) nach der Einheilungsphase der Knochentransplantate. Keine sichtbaren Entzündungszeichen im Bereich der freiliegenden Osteosyntheseschrauben im Unterkiefer. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

Anschließend wurden die Implantatpositionen festgelegt und die Implantate in einer Folgeoperation gesetzt (Abbildung 8).

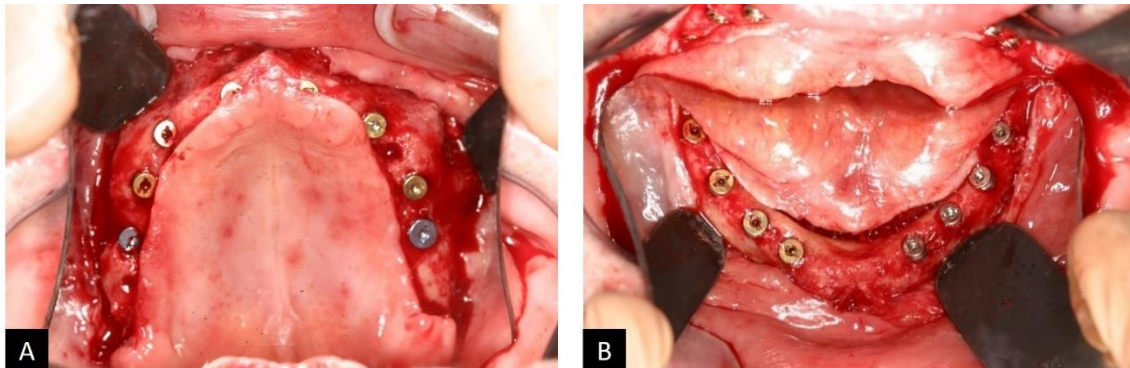


Abbildung 8 Intraoperative Situation nach Implantation im Ober- (A) und Unterkiefer (B). Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

Nach einem Jahr erfolgte eine radiologische und klinische Nachuntersuchung der Implantate (Abbildung 9, Abbildung 10).



Abbildung 9 OPG nach prothetischer Versorgung ein Jahr nach Implantation. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

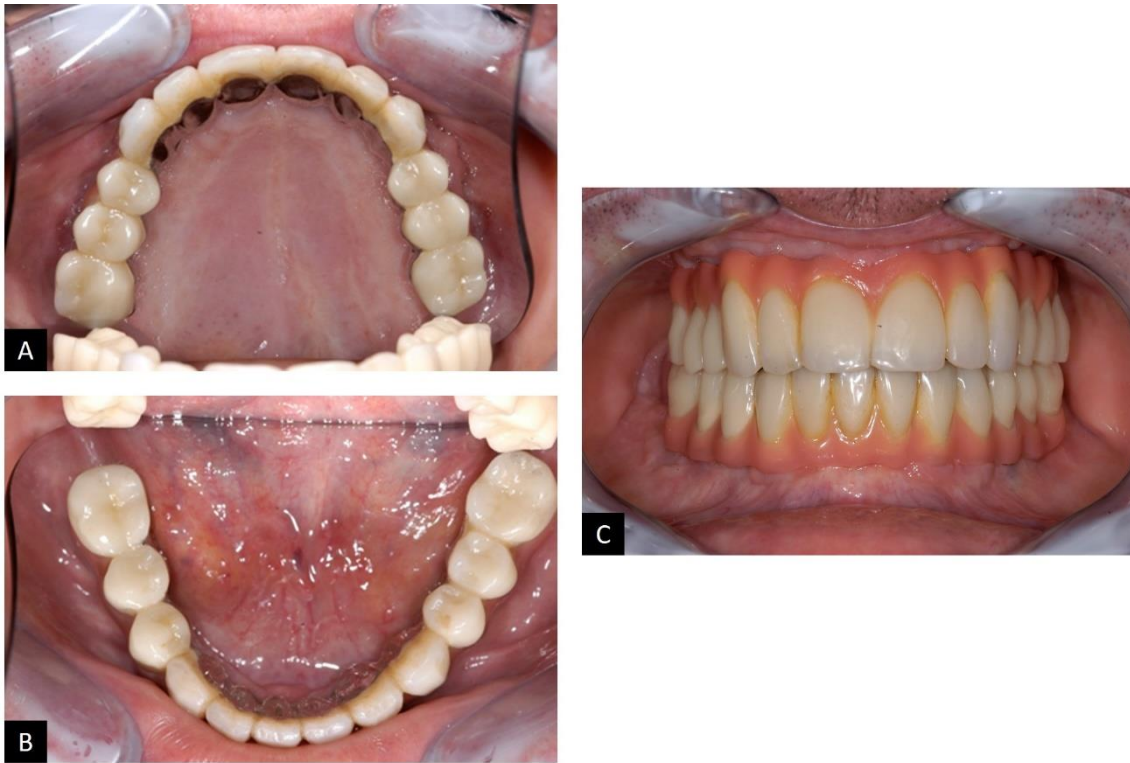


Abbildung 10 Eingehelte Implantate mit Suprakonstruktionen im Ober- und Unterkiefer (A-C) ein Jahr nach Implantation. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.

3.2 Patientenkollektiv

Im Zeitraum vom 25.07.2000 bis zum 31.12.2012 wurden in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt) am Universitätsklinikum Gießen 192 Patienten mit 1202 Implantaten versorgt. Besonders war bei diesen Patienten, dass vor oder während der Implantation das Knochenangebot mit einer Augmentation erweitert und vergrößert wurde. Dabei wurde Knochen vom Beckenkamm entnommen und in den Kieferbereich transplantiert. Diese Patienten wurden zu einer Nachuntersuchung eingeladen.

3.2.1 Patienten Drop-out

Sieben Patienten waren zum Zeitraum der Studie verstorben und bei sechs Patienten konnte die aktuellen postalischen Adressen nicht ermittelt werden. 47 Patienten konnten aus zeitlichen, beruflichen oder sonstigen Gründen nicht an der Studie teilnehmen. Bei 132 Patienten dieses Kollektives konnte eine Nachuntersuchung durchgeführt werden (Tabelle 2).

Tabelle 2: Überblick über das gesamte und nachuntersuchte Patientenkollektiv, bei welchem eine Augmentation und Implantation durchgeführt wurde

Patienten	Anzahl der Patienten	Anzahl der Implantate
Gesamt	192	1202
Männer	79	506
Frauen	113	696
Nachuntersuchte Patienten	132	876
Männer	50	364
Frauen	82	514

3.2.2 Implantationszeitpunkt

Bei den 132 untersuchten Patienten wurden zwischen 25.07.2000 und 31.12.2012 insgesamt 876 enossale Implantate gesetzt. Zuvor oder während der Implantation wurde bei jedem Patienten eine Kieferknochenaugmentation mittels autogenem Beckenkammknochen vollzogen. Sowohl die Augmentation als auch die Insertion der Implantate fand in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie (Abteilungsleiter Prof. Dr. Dr. H. -P. Howaldt) am Universitätsklinikum Gießen statt. Betrachtet man die jährliche Verteilung der Operationen anhand der Implantationszeitpunkte, ergibt sich folgende Tabelle (Tabelle 3).

Tabelle 3: Zeitliche Verteilung der Implantationszeitpunkte nach Jahren

Jahr	Anzahl der operierten Patienten	Prozent
2000	1	0,8%
2001	1	0,8%
2002	13	9,8%
2003	11	8,3%
2004	10	7,6%
2005	14	10,6%
2006	15	11,4%
2007	15	11,4%
2008	9	6,8%
2009	7	5,3%
2010	17	12,9%
2011	16	12,1%
2012	3	2,3%
Gesamt	132	100%

Die Tabelle bezieht sich nur auf die in dieser Studie untersuchten Patienten, wodurch sich numerische Schwankungen der Anzahl an Operationen pro Jahr erklären lassen, da die nicht untersuchten Patienten nicht berücksichtigt worden sind.

3.2.3 Altersverteilung zum Implantationszeitpunkt

Unterteilt man die untersuchten Patienten in Altersgruppen ab dem 20. Lebensjahr in 5 Jahre umfassende Untergruppen zum Zeitpunkt der Implantation, wiederum unterteilt nach Geschlechtern, ergibt sich folgende Tabelle (Tabelle 4).

Tabelle 4: Verteilung von Alter und Geschlecht der untersuchten Patienten zum Implantationszeitpunkt

Alter der Patienten bei Implantation in Jahren	Geschlecht		Gesamt
	Weiblich	Männlich	
≤ 20	4	6	10
21-25	2	3	5
26-30	4	4	8
31-35	3	0	3
36-40	4	2	6
41-45	7	4	11
46-50	10	7	17
51-55	17	6	23
56-60	14	6	20
61-65	12	8	20
66-70	3	4	7
71-75	1	0	1

76-80	1	0	1
Gesamt	82	50	132

Die meisten Implantate wurden bei weiblichen und männlichen Patienten um das 50. Lebensjahr gesetzt. Tabelle 5 zeigt die statistische Auswertung zum Alter der Patienten zum Implantationszeitpunkt. Sowohl Median als auch Mittelwert sind etwa um das 50. Lebensjahr.

Tabelle 5: Deskriptive Statistik des Patientenalters beider Geschlechter zum Implantationszeitpunkt

Anzahl der Patienten	132
Mittelwert	48,43
Median	51,5
Standardabweichung	14,64
Minimum	17
Maximum	77

3.2.4 Altersverteilung zum Untersuchungszeitpunkt

Die Zeit zwischen Implantation und Nachuntersuchung musste für die Teilnahme an der Studie mindestens 5 Jahre betragen. Jedoch war nicht bei jedem Patienten das gleiche Zeitintervall verstrichen. Daraus ergab sich eine leicht veränderte Altersverteilung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zum Zeitpunkt der Implantation (Tabelle 6). Der Mittelwert lag bei 57,96 Jahren (Tabelle 7).

Tabelle 6: Verteilung von Alter und Geschlecht zum Untersuchungszeitpunkt

Alter der Patienten bei Untersuchung in Jahren	Geschlecht		Gesamt
	Weiblich	Männlich	
21-25	1	1	2
26-30	3	3	6
31-35	3	6	9
36-40	4	3	7
41-45	2	0	2
46-50	5	2	7
51-55	8	6	14
56-60	8	7	15
61-65	17	5	22
66-70	14	8	22
71-75	9	3	12
76-80	7	6	13
86-90	1	0	1
Gesamt	82	50	132

Tabelle 7: Deskriptive Statistik des Patientenalters beider Geschlechter zum Untersuchungszeitpunkt

Anzahl der Patienten	132
Mittelwert	57,96
Median	61,00
Standardabweichung	14,87
Minimum	24
Maximum	90

In beiden Tabellen ist zu erkennen, dass sowohl zum Implantationszeitpunkt also auch zum Untersuchungszeitpunkt eine ähnliche Altersverteilung in beiden Geschlechtern gegeben war.

3.2.5 Geschlechterverteilung

An der Studie nahmen 132 Patienten teil, davon waren 50 männlich und 82 weiblich. Somit ergab sich eine Verteilung von etwa 38% Männer und 62% Frauen.

Tabelle 8: Geschlechterverteilung der Studienteilnehmer

Geschlecht	Häufigkeit	Prozent
Weiblich	82	62,1%
Männlich	50	37,9%
Gesamt	132	100%

Bei der statistischen Analyse kann jedoch auch jedes Implantat als Individuum betrachtet werden. Betrachtet man nun die Anzahl der einzelnen Implantate, ergab sich bei Frauen bzw. Männern folgende Verteilung (Tabelle 9).

Tabelle 9: Verteilung der Implantate nach Geschlecht und Implantationsgebiet

Geschlecht	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Weiblich	55	42,6%	457	61,2%	512	58,4%
Männlich	74	57,4%	290	38,8%	364	41,6%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

Vergleicht man die Gruppe der Männer und Frauen im nativen und augmentierten Bereich, zeigt sich mittels Chi-Quadrat-Test ein auffälliger Unterschied ($p=0,000079$) in der Verteilung der Implantate. Im nativen Bereich wurden mehr Implantate bei Männern und im augmentierten Bereich mehr Implantate bei Frauen gesetzt.

Zum Zeitpunkt der Untersuchung war die Verweildauer der Implantate unterschiedlich lange. Die nachuntersuchten Implantate beziehen sich auf Implantate, die sich mindestens 5 Jahre im Kiefer befanden. Somit waren die „jüngsten“ Implantate 5 Jahre alt. Die Verteilung der Verweildauer der Implantate zwischen Implantation und Nachuntersuchung lässt sich in folgenden Abbildungen darstellen.

Die Verweildauer der Implantate im nativen Kieferknochen lassen sich in Jahren aufgerundet wie folgt darstellen (Abbildung 11):

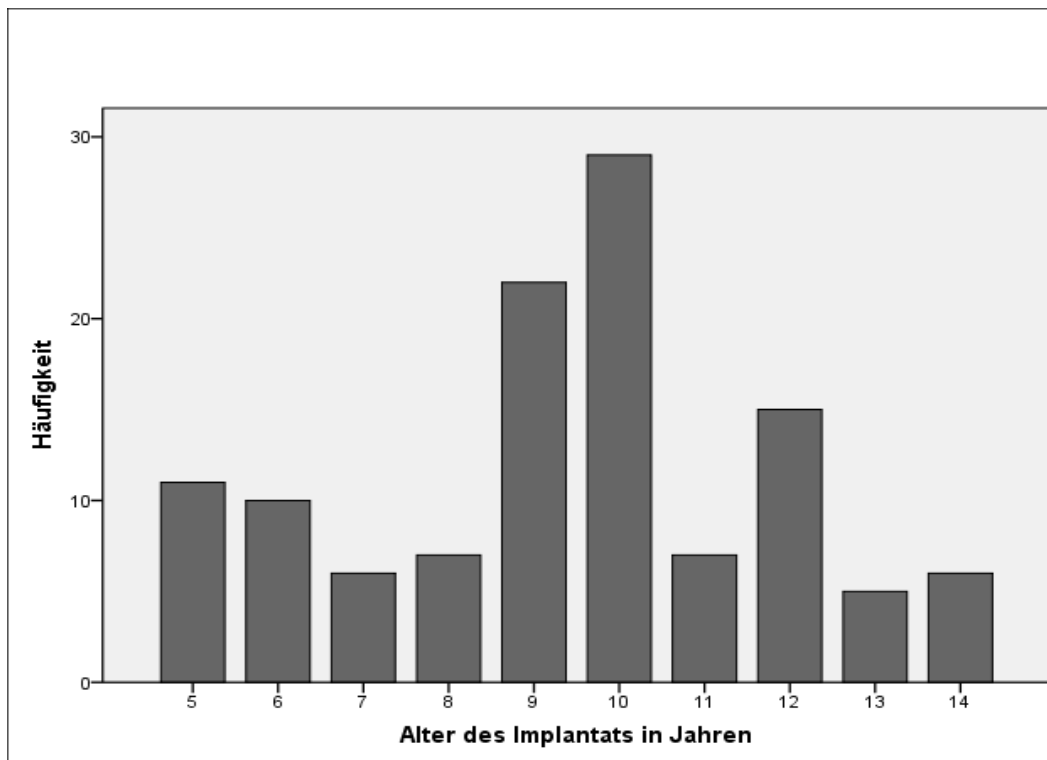


Abbildung 11: Alter der nachuntersuchten Implantate im nativen Knochen.

Die Implantate im nativen Knochen befanden sich zwischen 5 und 14 Jahren *in situ*. Die meisten Implantate hatten ein Alter zwischen 9 und 10 Jahren. Abbildung 12 stellt im Vergleich hierzu die Verweildauer der Implantate in Bereichen, die zuvor mit Beckenkamm augmentiert wurden, ebenfalls in Jahren aufgerundet, dar.

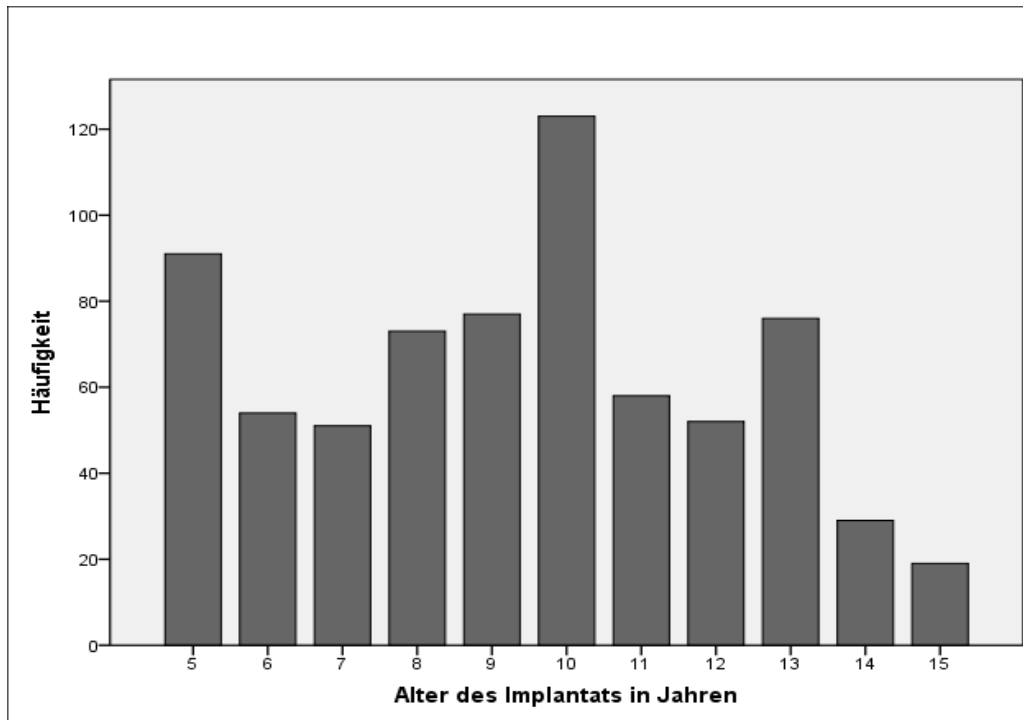


Abbildung 12 Alter der nachuntersuchten Implantate im augmentierten Bereich

Das Alter der Implantate im augmentierten Bereich lag zwischen 5 und 15 Jahren. Die meisten Implantate waren 10 Jahre alt und die zweithäufigste Verweildauer betrug 5 Jahre.

Das Alter der Implantate wird in Tabelle 10 statistisch zusammengefasst dargestellt. Der Mittelwert in beiden Gruppen mit 113,9 und 113,3 Monaten war fast identisch, ebenso der Median von 117 und 116 Monaten. Bei den Minimalwerten handelt es sich um explantierte Implantate. Die jüngsten nachuntersuchten Implantate in beiden Gruppen waren je 60 Monate alt.

Tabelle 10: Deskriptive Statistik des Implantalters beider Geschlechter zum Untersuchungszeitpunkt in Monaten

	Implantationsgebiet	
	Nativer Bereich	Augmentierter Bereich
Anzahl der Implantate	129	747
Mittelwert	113,9	113,3
Median	117	116
Standardabweichung	32,93	38,65
Minimum	5	3
Maximum	176	189

3.2.6 Art der Augmentation

Bei dieser Studie wurden bei vielen Patienten nicht nur Implantate im augmentierten Bereich gesetzt, sondern es konnten auch Implantate ohne Augmentation gesetzt werden, da in manchen Fällen nach Zahnverlust noch genügend Knochen zu Verfügung stand. Diese Implantate wurden nicht in den Einschlusskriterien erfasst. Es wurde jedoch entschieden, sie trotzdem zu untersuchen und die Ergebnisse festzuhalten. Sollten am Ende genügend Implantate erfasst worden sein, könnte man, da es sich um das gleiche Kollektiv von Patienten handelt, diese Ergebnisse mit Vorbehalt mit den Implantaten im augmentierten Bereich vergleichen.

Wie bereits in der Einleitung beschrieben, können verschiedene Augmentationsverfahren mittels Beckenkammknochen im Kieferbereich erfolgen und kombiniert werden. Folgende Tabelle zeigt die Zahl der Implantate auf die verwendeten Verfahren verteilt und die Zahl der Implantate, bei denen vorher keine Augmentation von Nöten war (Tabelle 11).

Tabelle 11: Verteilung der Implantate anhand der Augmentationsverfahren

Implantationsgebiet		Anzahl der Implantate	Prozent
Nativer Knochen	keine Augmentation	129	100%
	Sinuslift	88	11,8%
Augmentierter Bereich	Onlay Plastik	266	35,6%
	Sinuslift und Onlay Plastik	370	49,5%
	Defektfüllung	23	3,1%
	Gesamt	747	100%

Bei jedem Patienten wurde eine autologe Knochenaugmentation vorgenommen. Zusätzlich wurden 129 Implantate bei diesen Patienten in Kieferbereiche gesetzt, die zuvor nicht augmentiert werden mussten. Bei 747 Implantaten musste das Knochenangebot mittels einer Augmentationstechnik vergrößert werden. Bei 49,5% der Implantate im augmentierten Bereich wurde zuvor eine Kombination aus Onlay Plastik und Sinuslift durchgeführt. Eine Defektfüllung war die seltenste Augmentationsart, in die nur 23 Implantate gesetzt wurden.

3.2.7 Implantatpostionsverteilung

Bei den folgenden Parametern wurden nicht mehr die individuellen Patienten, sondern die einzelnen Implantate betrachtet. Somit wird zum Beispiel aus einem Fall eines 50-jährigen Rauchers mit 4 Implantaten diese 4 Implantate, die in 50-jährigen Rauchern platziert wurden, separat gewertet. Tabelle 12 zeigt die Verteilung der Implantatpositionen auf die beiden Implantationsgebiete nativer Knochen und augmentierter Bereich anhand des Zahnschemas.

Tabelle 12: Verteilung der Implantatpositionen

Implantatposition	Implantationsgebiet		Gesamt
	Nativer Knochen	Augmentierter Bereich	
11	1	22	23
12	2	17	19
13	1	37	38
14	1	51	52
15	0	58	58
16	1	64	65
17	0	30	30
21	0	19	19
22	2	12	14
23	0	41	41
24	1	51	52
25	1	63	64
26	0	67	67
27	0	22	22
31	3	5	8
32	6	8	14
33	8	13	21
34	11	17	28
35	13	17	30
36	16	21	37
37	6	12	18
41	1	4	5
42	7	7	14
43	8	11	19
44	12	18	30
45	10	22	32
46	13	23	36
47	5	15	20
Gesamt	129	747	876

Von 876 Implantaten befanden sich 129 Implantate im nativen Bereich. Die restlichen 747 Implantate wurden im augmentierten Bereich gesetzt.

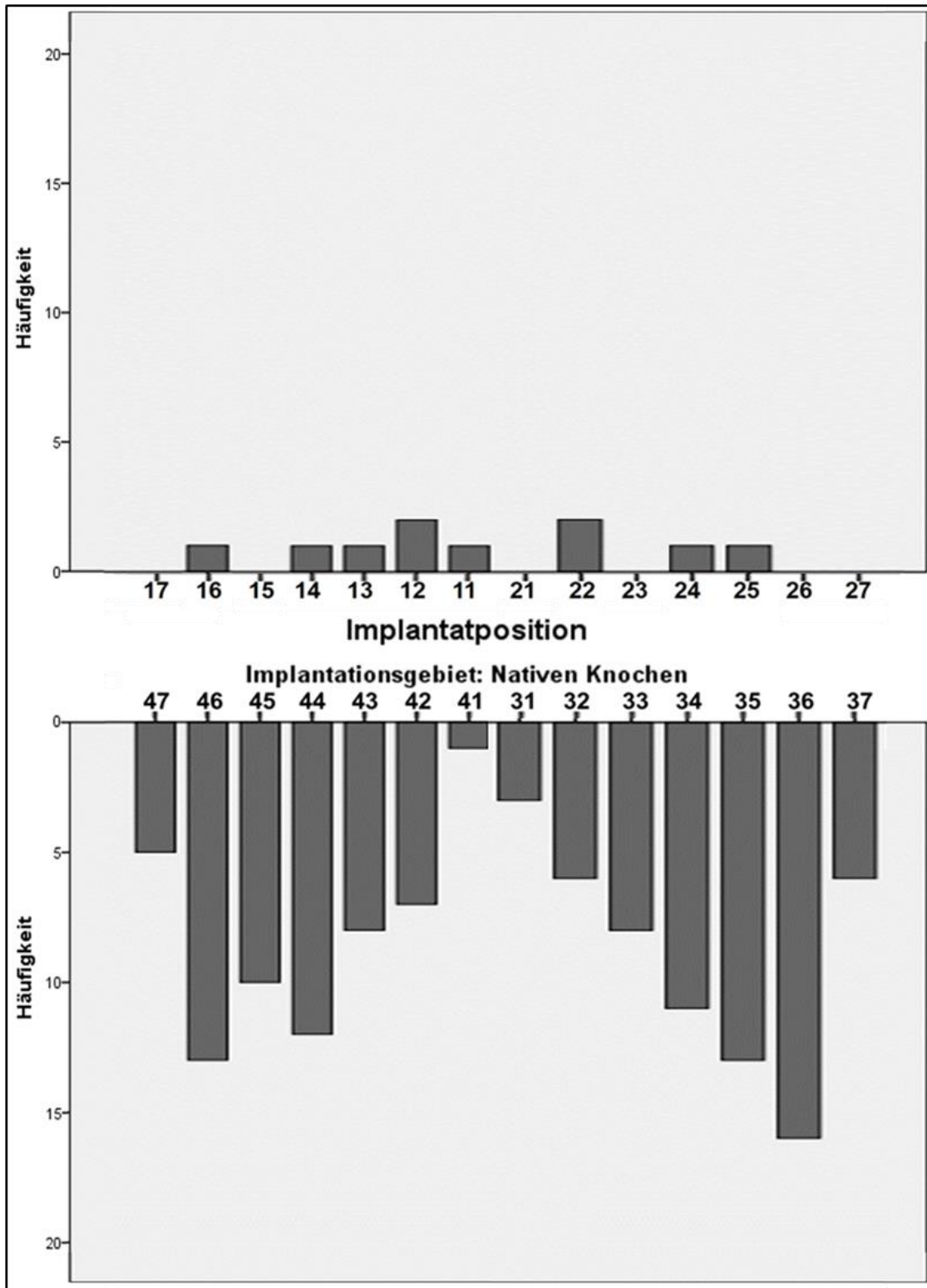


Abbildung 13 Implantatposition in Relation zum Augmentationsgebiet: Nativer Knochen

Betrachtet man die Implantate, bei denen kein vorheriger Knochenaufbau nötig war, ist zu erkennen (Abbildung 13), dass die meisten Implantate im Unterkiefer inseriert wurden. Im Oberkiefer wurden 10 und im Unterkiefer 119 Implantate gesetzt. Vergleicht

man den Frontzahnbereich mit den Seitenzahnbereich, ergibt sich, dass 39 Implantate im Frontzahnbereich und 90 Implantate im Seitenzahnbereich implantiert wurden (Tabelle 13).

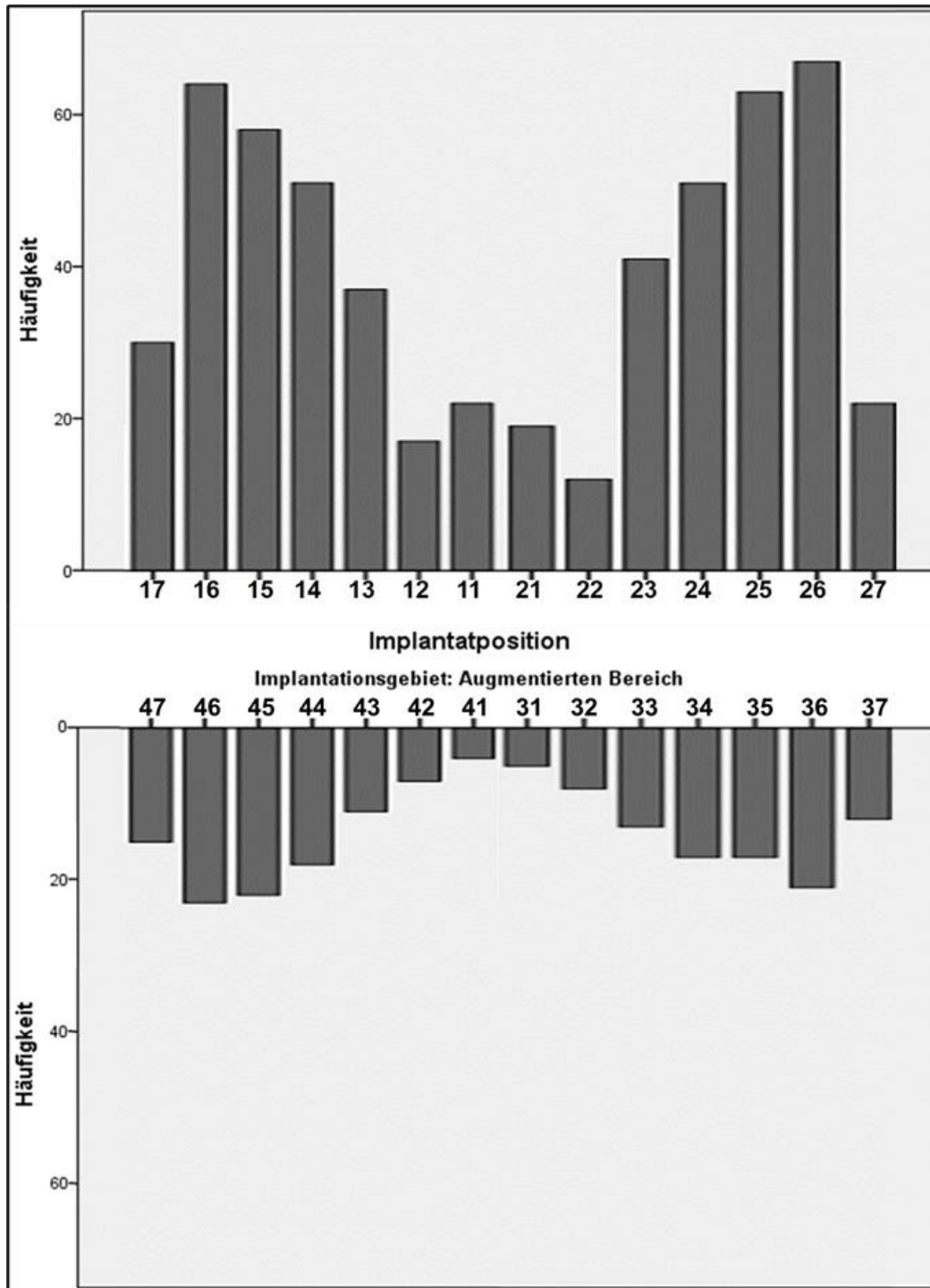


Abbildung 14 Implantatposition in Relation zum Augmentationsgebiet: Augmentierter Bereich

Betrachtet man nur die Implantate, bei denen ein Knochenaufbau nötig war, zeigt sich ein gegenteiliges Bild im Vergleich zu der Verteilung im nativen Bereich (Abbildung 14), da deutlich mehr Implantate im Oberkiefer inseriert wurden. Im Oberkiefer wurden 554

und im Unterkiefer 193 Implantate nachuntersucht. Vergleicht man den Frontzahnbereich mit dem Seitenzahnbereich ergibt sich, dass 196 Implantate im Frontzahnbereich und 551 Implantate im Seitenzahnbereich implantiert wurden (Tabelle 13).

Tabelle 13: Verteilung der Implantatpositionen zwischen Front- und Seitenzahnbereich sowie in Ober- und Unterkiefer

	Implantationsgebiet			
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich	
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Frontzahnbereich	39	30,2	196	26,2
Seitenzahnbereich	90	69,8	551	73,8
Oberkiefer	10	7,8	554	74,2
Unterkiefer	119	92,2	193	25,8

Im Frontzahnbereich wurden in beiden Gruppen vergleichbare Verhältnisse von Front- zu Seitenzähnen implantiert. 92% der Implantate, die keine Augmentation benötigten, wurden im Unterkiefer gesetzt.

3.2.8 Implantatsysteme

In Deutschland werden Implantatsysteme verschiedener Hersteller verwendet. Bei den in dieser Studie untersuchten Patienten wurden zuvor fünf verschiedene Implantatsysteme von vier verschiedenen Herstellern verwendet (Tabelle 14).

Tabelle 14: Verteilung der Implantate nach verwendeten Implantationssystem

Implantat-systeme	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
XIVE®	92	71,3%	439	58,8%	531	60,6%
BEGO Semados RI®	30	23,3%	232	31,1%	262	29,9%
Astra®	0	0,0%	5	0,7%	5	0,6%
3i®	4	3,1%	8	1,1%	12	1,4%
Straumann®	3	2,3%	63	8,4%	66	7,5%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

Die meisten der verwendeten Implantate wurden von den Firmen Dentsply Sirona und BEGO hergestellt. Bei weniger als 10% der Implantate wurden die Implantatsysteme Astra®, 3i® und Straumann® verwendet.

3.3 Primärparameter

3.3.1 Überlebensrate

Implantate, die sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch *in situ* befanden, wurden als überlebende Implantate betrachtet. Mit eingeschlossen wurden stillgelegte Implantate, sogenannte „Sleeping Implants“. Diese Implantate sind nicht prothetisch versorgt und verweilen im Kieferknochen unter der Schleimhaut ohne Funktion.

Tabelle 15: Verteilung der explantierten und nachuntersuchten Implantate

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Überlebt	118	91,5%	703	94,1%	821	93,7%
Verlust	11	8,5%	44	5,9%	55	6,3%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

In Tabelle 15 zeigt sich, dass von ursprünglich 129 in den nativen Knochen implantierten Implantaten 118 Implantate nachuntersucht werden konnten. Dies entspricht einem Überleben der Implantate von 91,5%. Es gingen insgesamt 11 Implantate verloren (8,5%). Bei den Implantaten im augmentierten Bereich war das Überleben 94,1%. Zusammengefasst zeigte sich in beiden Bereichen eine Überlebensrate zum Untersuchungszeitpunkt von über 90%. Die Überlebensrate im augmentierten Bereich lag leicht höher als im nativen Knochen. Es handelt sich nach dem Mann-Whitney-U-Test dabei aber nicht um einen auffälligen Unterschied ($p=0,254$).

Die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate kann über einen definierten Zeitabschnitt graphisch nach Kaplan und Meier visualisiert werden ⁸⁸.

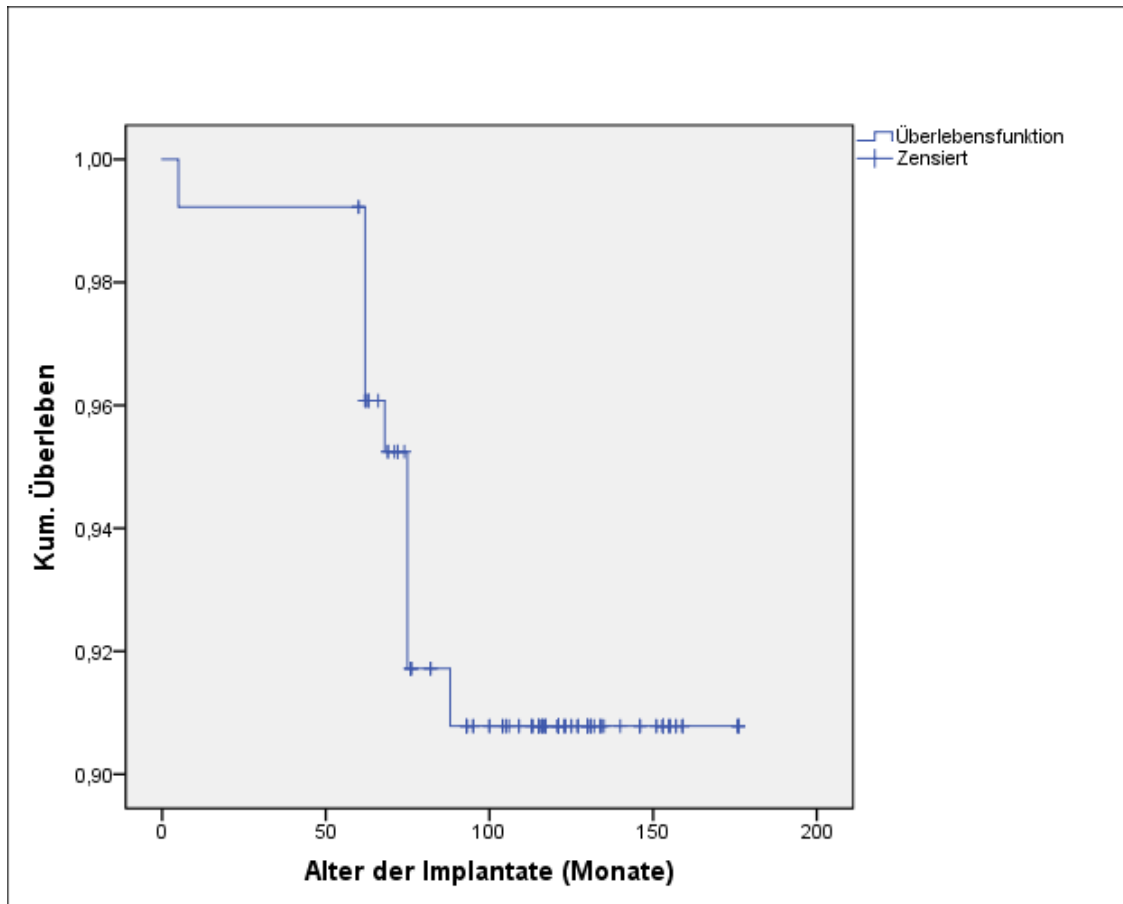


Abbildung 15 Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier der Implantate im nativen Bereich

Die graphische Darstellung der Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate im nativen Bereich (Abbildung 15) über einen Zeitraum von etwa 180 Monaten wurden in der Abbildung zur besseren Übersicht so skaliert, dass nur der Bereich 90% bis 100% sichtbar ist. Die 11 verlorenen Implantate wurden zu fünf Zeitpunkten erfasst, was an den Stufen der Kurve zu erkennen ist. Die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit beträgt 99,2%. Die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit 90,8% und die 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit belaufen sich auf 90,8%. Die mittlere Überlebenszeit konnte auf 165,8 Monate geschätzt werden. Die mediane Überlebenszeit konnte nicht ermittelt werden, da die im Beobachtungszeitraum errechnete Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unter 50% gesunken war.

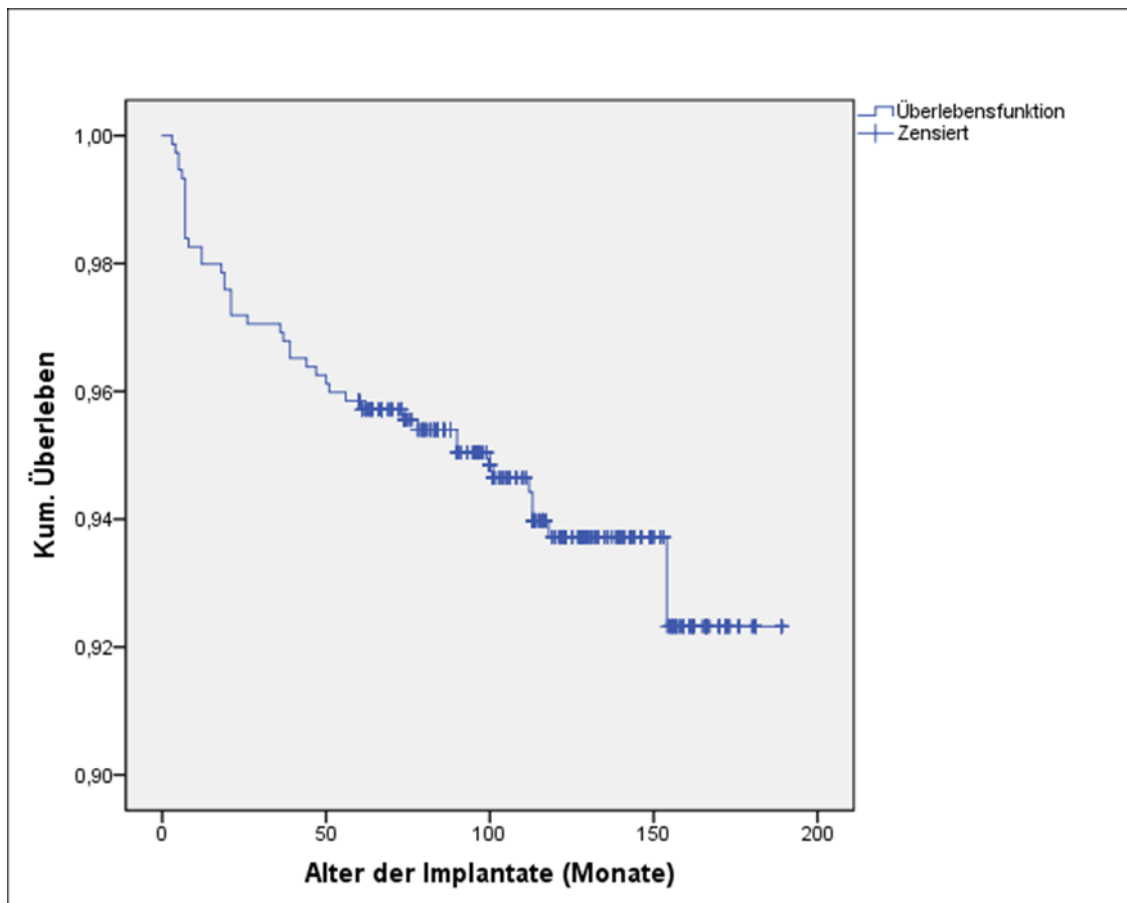


Abbildung 16 Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier der Implantate im augmentierten Bereich

Abbildung 16 zeigt die graphische Darstellung der Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate im augmentierten Bereich über einen Zeitraum von etwa 180 Monaten. Die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit beträgt 95,9%. Die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit 93,7% und die 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit belaufen sich auf 92,3%. Die mittlere Überlebenszeit wird auf 179,6 Monate geschätzt und die mediane Überlebenszeit kann nicht ermittelt werden, da die im Beobachtungszeitraum errechnete Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unter 50% gesunken ist.

Vergleicht man beide Überlebenswahrscheinlichkeit visuell miteinander ergibt sich folgende Darstellung (Abbildung 17).

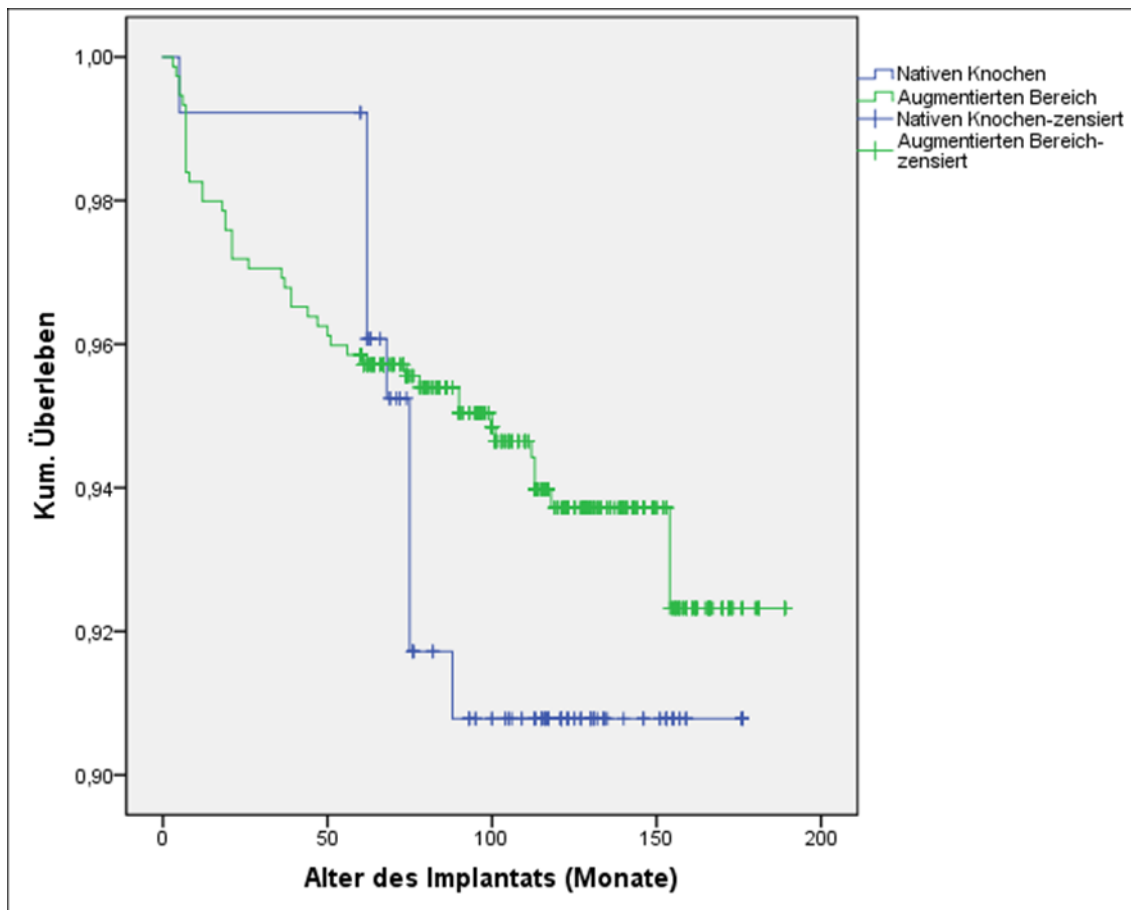


Abbildung 17 Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier, Vergleich nativer (blau) vs. augmentierter (grün) Implantationsbereich

Bei der Untersuchung auf Gleichheit der Überlebensverteilung mittels Log-Rank-Test, zeigt sich kein auffälliger Unterschied zwischen den Implantaten im nativen und augmentierten Bereich ($p=0,287$). Dies ist durch die Kreuzung der beiden Kurven jedoch mit Vorbehalt zu betrachten. Bei der Gruppenverteilung der Überlebenszeit gibt es nach dem Mann-Whitney-U-Test keine auffälligen Unterschiede ($p=0,962$).

In der Gruppe der Implantate im nativen Bereich kam es zum Verlust von 11 Implantaten (8,5%) und in der Gruppe der Implantate im augmentierten Bereich zum Verlust von 44 Implantaten (5,9%). Tabelle 16 stellt die verschiedenen Verlustgründe in beiden Gruppen dar.

Tabelle 16: Verteilung der Ursachen des Implantatverlusts

Ursachen des Verlusts	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Kein Verlust	118	91,5%	703	94,1%	821	93,7
Periimplantitis	10	7,8%	24	3,2%	34	3,9%
persistierender Schmerz	0	0,0%	1	0,1%	1	0,1%
fehlende Osseointegration bei Freilegung	1	0,8%	13	1,7%	14	1,6%
Implantatlockerung	0	0,0%	2	0,3%	2	0,2%
Implantatbruch	0	0,0%	1	0,1%	1	0,1%
Zyste	0	0,0%	2	0,3%	2	0,2%
Fehlposition	0	0,0%	1	0,1%	1	0,1%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

Die häufigste Ursache für den Verlust eines Implantats war in beiden Gruppen die Periimplantitis, gefolgt von fehlender Osseointegration zum Zeitpunkt der Freilegung. Ein Implantat wurde als Fehlposition anerkannt und verweilte als „Sleeping Implant“ im Kiefer und wird in dieser Tabelle als „Verlust“ gewertet.

3.3.1.1 Überleben nach Augmentation

Vergleicht man die Art der operativen Augmentation hinsichtlich der Überlebensrate der Implantate, so ergab sich für Implantate im Bereich eines durchgeführten Sinuslifts die höchste Überlebensrate mit 97,7%. Das geringste Überleben mit 87% hatten Implantate, die in eine Defektfüllung mit Beckenkammpongiosa platziert wurden (Tabelle 17).

Tabelle 17: Verteilung der Überlebensrate nach Augmentationsverfahren

Art der operativen Augmentation	Überleben		Verlust		Gesamt Anzahl der Implantate
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	
keine Augmentation	118	91,5%	11	8,5%	129
Sinuslift	86	97,7%	2	2,3%	88
Onlay Plastik	246	92,5%	20	7,5%	266
Sinuslift und Onlay Plastik	351	94,9%	19	5,1%	370
Defektfüllung	20	87%	3	13%	23
Augmentiert gesamt	703	94,10%	44	5,90%	747

3.3.1.2 Überleben nach System

Die Verteilung von nachuntersuchten und verlorenen Implantaten nach den verwendeten Implantatsystemen wird in Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Vergleich der Überlebensrate verschiedener Implantatsysteme im nativen und augmentierten Bereich

	Implantatsysteme	Ereignis				Gesamt
		Untersucht		Explantiert		
		Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate
Nativer Knochen	XIVE®	82	89,1%	10	10,9%	92
	BEGO Semados RI®	29	96,7%	1	3,3%	30
	3i®	4	100%	0	0,0%	4
	Straumann®	3	100%	0	0,0%	3
	Gesamt	118	91,5%	11	8,5%	129
Augmentierter Bereich	XIVE®	415	94,5%	24	5,5%	439
	BEGO Semados RI®	218	94,0%	14	6,0%	232
	Astra®	5	100%	0	0,0%	5
	3i®	7	87,5%	1	12,5%	8
	Straumann®	58	92,1%	5	7,9%	63
	Gesamt	703	94,1%	44	5,9%	747

Das Implantationssystem XIVE® (Dentsply Sirona, York, USA) war in beiden Bereichen das am häufigsten verwendete Implantatsystem. Danach waren BEGO Semados RI® (BEGO Unternehmensgruppe, Bremen, Deutschland) am zweithäufigsten vertreten.

Im nativen Bereich haben alle Implantate mit den Systemen 3i® und Straumann® überlebt und konnten nachuntersucht werden. Von den BEGO Semados RI® Implantaten ging ein Implantat verloren und von XIVE® zehn. Dadurch ließ sich die Überlebensrate von XIVE® auf 89,1% und von BEGO Semados RI® auf 96,7% berechnen.

Im augmentierten Bereich gab es nur bei Astra® Implantaten keine Verluste. Die Überlebensraten waren bei XIVE® 94,5%, bei BEGO Semados RI® 94%, bei Straumann® 92,1% und 3i® 87,5%.

Die Überlebenswahrscheinlichkeiten der beiden am häufigsten verwendeten Systeme aller nachuntersuchten Implantate wurde in Abbildung 18 visualisiert.

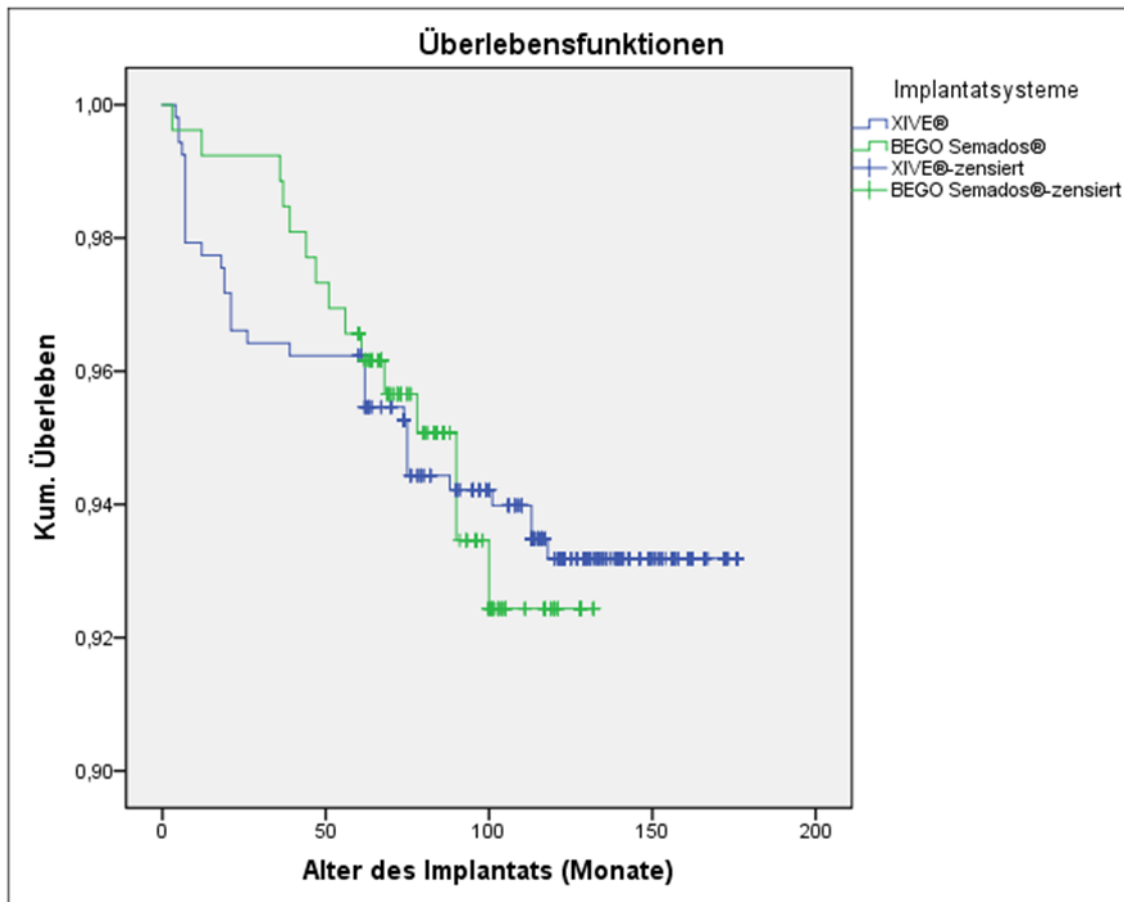


Abbildung 18 Vergleich der Überlebensrate nach Kaplan-Meier verschiedener Implantatsysteme im nativen und augmentierten Bereich

Bei der Untersuchung auf Gleichheit der Überlebensverteilung mittels Log-Rank-Test, zeigt sich kein auffälliger Unterschied zwischen den beiden Implantatsystemen ($p=0,878$). Dies ist durch die Kreuzung der beiden Kurven jedoch mit Vorbehalt zu betrachten.

3.3.1.3 Überleben nach Geschlecht

Die Überlebenswahrscheinlichkeit aller nachuntersuchten Implantate unter Berücksichtigung des Geschlechts der Patienten wird in Abbildung 19 dargestellt.

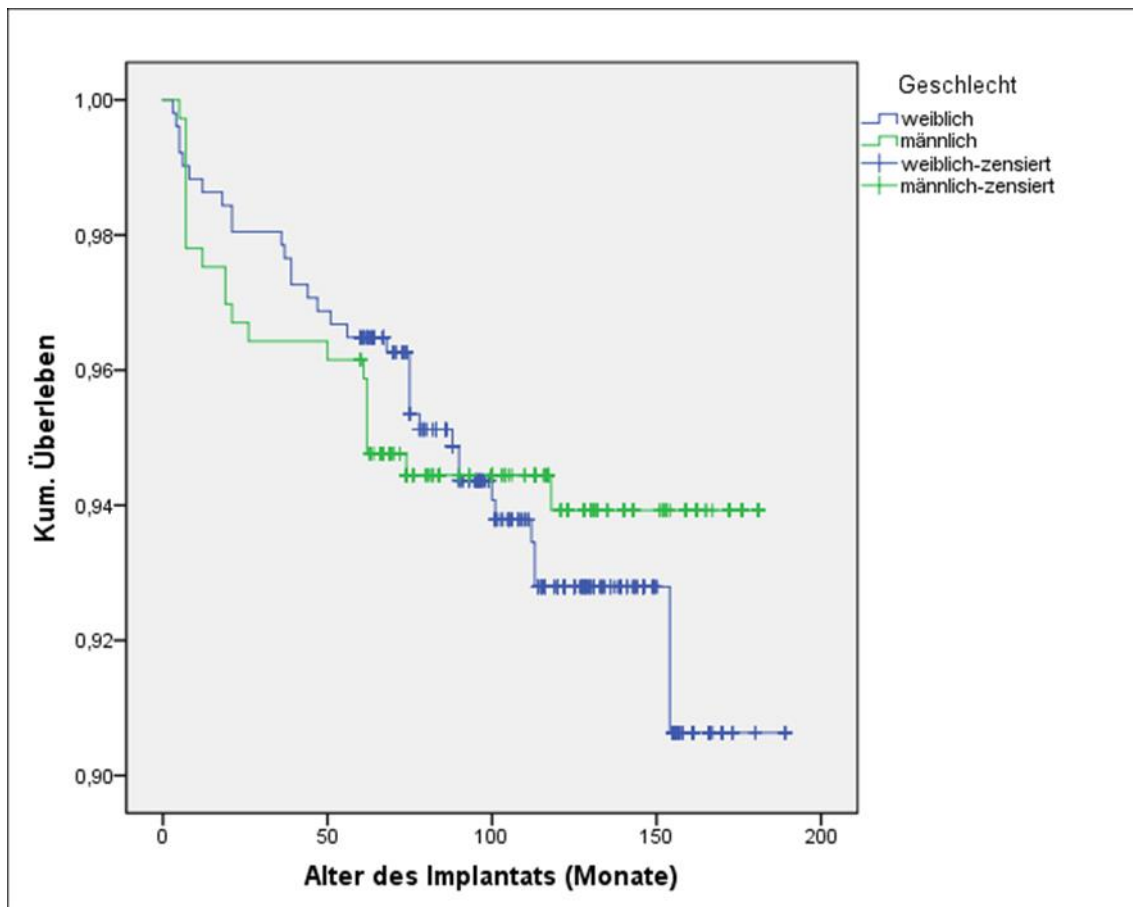


Abbildung 19 Vergleich der Überlebensrate der Implantate bezogen auf das Geschlecht der Patienten (weiblich: blau; männlich: grün)

Bei der Untersuchung auf Gleichheit der Überlebensverteilung mittels Log-Rank-Test, zeigt sich kein auffälliger Unterschied zwischen den Geschlechtern ($p=0,602$). Dies ist durch die mehrfachen Kreuzungen der beiden Kurven jedoch mit Vorbehalt zu betrachten.

3.3.1.4 Überleben bei Rauchverhalten

Die Überlebenswahrscheinlichkeit aller nachuntersuchten Implantate unter Berücksichtigung des täglichen Zigarettenkonsums der Patienten ist in Abbildung 20 dargestellt.

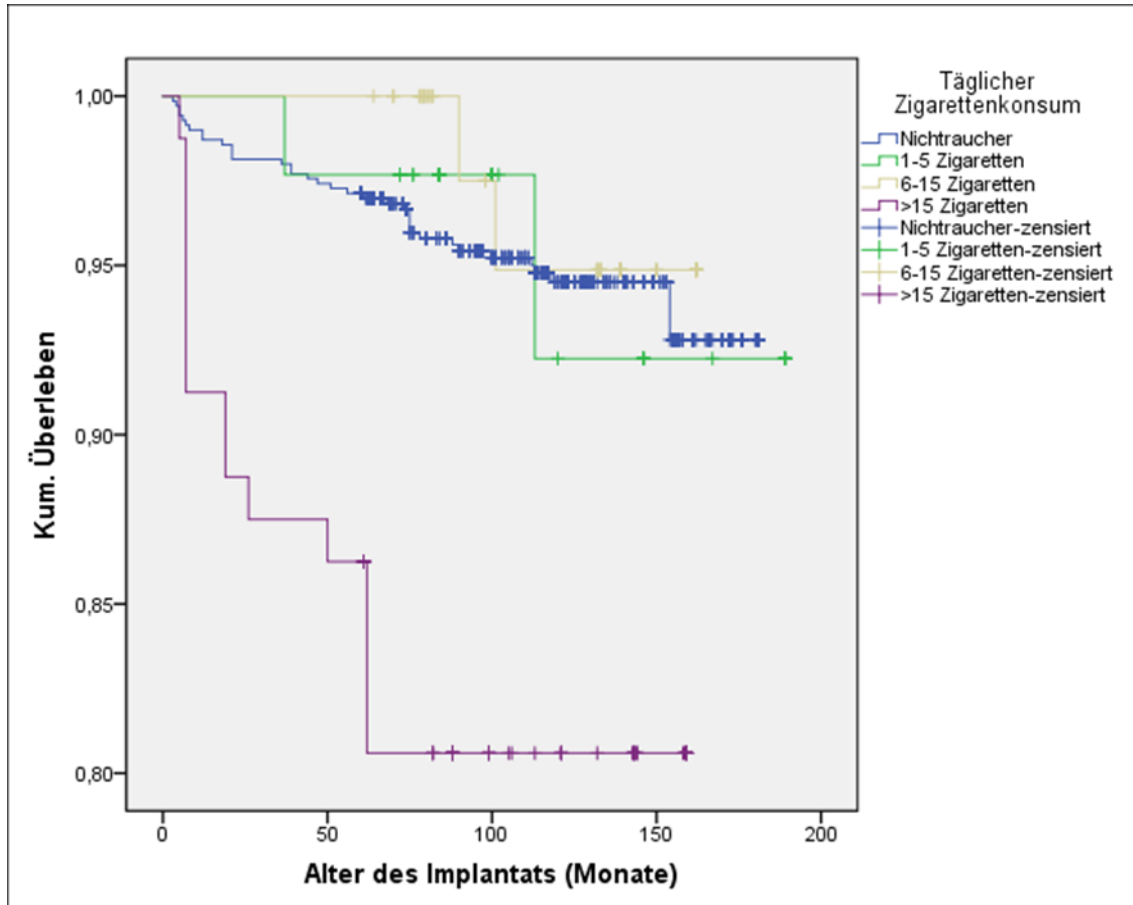


Abbildung 20 Vergleich der Überlebensrate der Implantate in Bezug auf den täglichen Zigarettenkonsum der Patienten

Aufgrund der mehrfachen Kreuzungen aller Gruppen und der Vielzahl der Gruppen kann keine Aussage zu der Überlebenswahrscheinlichkeit im Bezug zum Zigarettenkonsum getroffen werden. Werden die Gruppen 1-5, 6-15 und mehr als 15 Zigaretten pro Tag zusammengefasst und die Überlebenswahrscheinlichkeit mit den Nichtrauchern verglichen, ergibt sich es eine auffällig höhere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate bei den Nichtrauchern ($p=0,006$).

3.3.2 Erfolgsraten

Im Rahmen dieser Studie wurden die Erfolgskriterien als Primärparameter behandelt. Tabelle 19 zeigt die Anzahl der Implantate pro Gruppe, die mit den Erfolgskriterien ermittelt wurden.

Tabelle 19: Gesamtzahl der Implantate (nachuntersuchte und explantierte Implantate)

Implantationsgebiet	Anzahl der Implantate	Prozent
Nativer Knochen	129	14,7
Augmentierter Bereich	747	85,3
Gesamt	876	100

Die Erfolgsquote von 876 Implantaten im augmentierten Bereich und von 129 Implantaten im nativen Bereich wurde anhand der drei Erfolgskriterien nach *Buser*¹⁰⁶, *Albrektsson*¹⁰⁴ und *Naert und Snauwaert*^{107,45} bewertet (siehe 2.3.2.2: Erfolgskriterien).

3.3.2.1 Erfolgsquote nach *Buser*

Tabelle 20 stellt die Anzahl der Erfolge und Misserfolge der Implantate nach den Kriterien von *Buser et al.*¹⁰⁶ dar. Anhand des Chi-Quadrat Test nach Pearson kann mit $p=0,463$ kein auffälliger Unterschied zwischen nativem und augmentiertem Gebiet festgestellt werden.

Tabelle 20: Übersicht der Erfolge und Misserfolge nach *Buser*

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach <i>Buser</i>	115	89,1%	681	91,2%	796	90,9%
Misserfolg nach <i>Buser</i>	14	10,9%	66	8,8%	80	9,1%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

Zu den 80 nicht erfolgreichen Implantaten zählen 55 Implantatverluste und 25 Implantate werden aufgrund der Kriterien nach *Buser*¹⁰⁶ als Misserfolg gewertet. Die Gründe waren:

- 11 Implantate mit persistierendem Schmerz
 - 6 Implantate mit persistierendem Fremdkörpergefühl
 - 4 Implantate mit einer kontinuierlichen periimplantären Radiotransluzenz
 - 2 Implantate mit einer rezidivierenden periimplantäre Infektion mit putrider Sekretion
 - 1 Implantat im Unterkiefer mit einer Dysästhesie
 - 1 „Sleeping Implant“, welches nicht prothetisch versorgt wurde
- Bei keinem Implantat konnte eine Mobilität festgestellt werden.

Die Analyse der Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*¹⁰⁶ stellt die Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 21 dar.

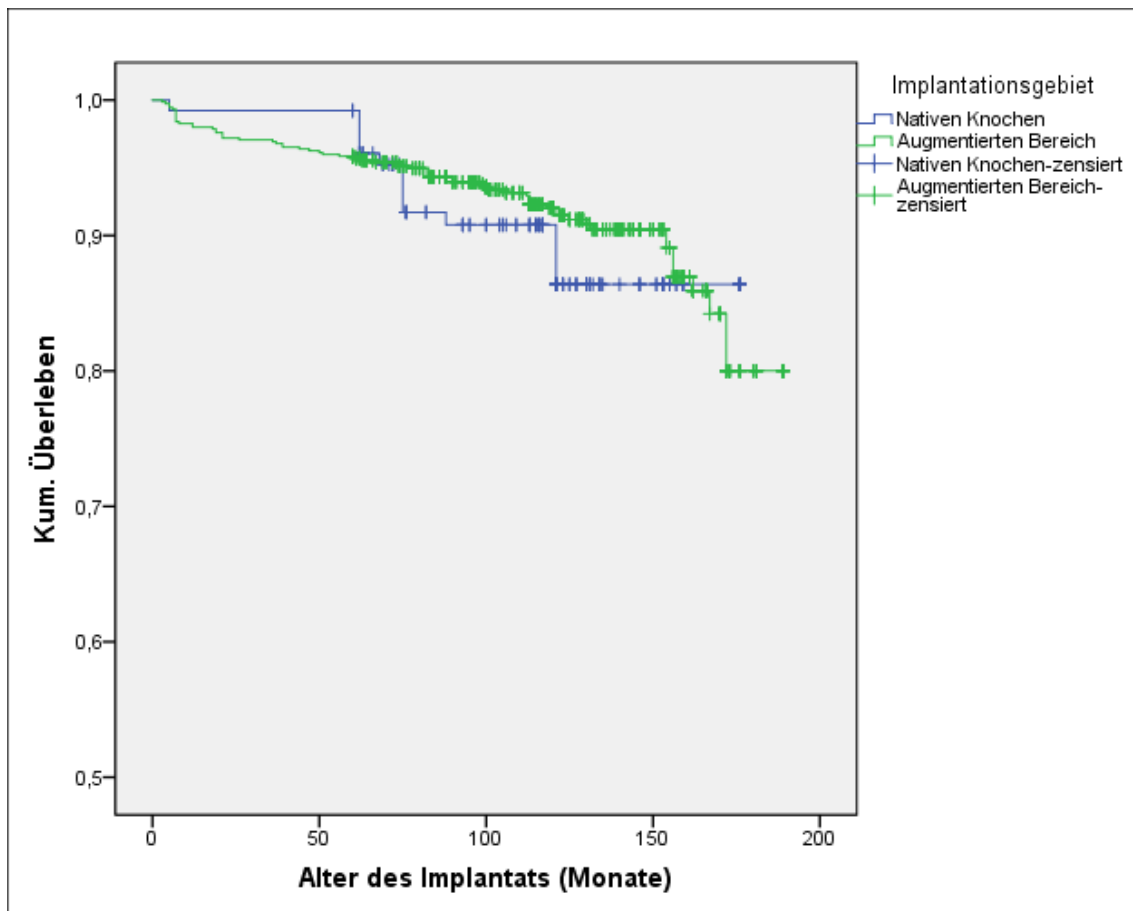


Abbildung 21 Erfolgswahrscheinlichkeit der Implantate nach *Buser*

Im nativen Bereich wurde nach fünf Jahren die Implantate im nativen Bereich mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,2% als erfolgreich bewertet. Nach zehn Jahren ist eine Erfolgswahrscheinlichkeit von 90,8% angegeben. Am Ende der Beobachtungszeit (14,75 Jahren) belief sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*¹⁰⁶ auf 86,4%. Im augmentierten Bereich belief sich die 5-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit auf 95,9%. Die 10-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betrug 92% und die 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit betrug 80%. Am Ende der Beobachtungszeit nach 14,75 Jahren belief sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Buser*¹⁰⁶ auf ebenfalls 80%. Die Erfolgszeiten des nativen und augmentierten Bereiches wurden mit dem Log-Rank-Test verglichen. Zwischen augmentiertem und nativem Bereich ist kein auffälliger Unterschied nachweisbar mit $p=0,436$. Die mittlere Überlebenszeit wurde im nativen Bereich auf 163,4 Monate und im augmentierten Bereich auf 174,84 Monate geschätzt. Die mediane Überlebenszeit kann nicht ermittelt werden, da die im

Beobachtungszeitraum errechnete Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unter 50% gesunken war.

3.3.2.2 Erfolgsquote nach *Albrektsson*

Tabelle 21 stellt die Anzahl der erfolgreichen und nicht erfolgreichen Implantate nach *Albrektsson*¹⁰⁴ sowie deren Erfolgs- und Misserfolgsquoten dar. Es zeigte sich ein höherer Erfolg bei Implantaten im nativen Bereich (86,8%) als im augmentierten Bereich (79,4%). Mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests nach Pearson kann man mit $p=0,0049$ einen auffälligen Unterschied zwischen nativem und augmentiertem Gebiet feststellen.

Tabelle 21: Übersicht der Erfolge und Misserfolge nach *Albrektsson*¹⁰⁴

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach Albrektsson	112	86,8%	593	79,4%	705	80,5%
Misserfolg nach Albrektsson	17	13,2%	154	20,6%	171	19,5%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

Zu den 171 nicht erfolgreichen Implantaten zählen 55 verlorengegangene Implantate. 116 Implantate wurden aufgrund der Kriterien nach *Albrektsson*¹⁰⁴ als Misserfolg gewertet. Die Gründe waren:

- 102 Implantate mit erhöhtem vertikalen Knochenabbau, davon 3 im nativen Knochen
- 11 Implantate mit persistierendem Schmerz
- 20 Implantate mit periimplantärer Infektion
- 1 Implantat im Unterkiefer mit einer Neuropathie

Manche Implantate waren Misserfolge, da sie sowohl eine Infektion als auch einen erhöhten vertikalen Knochenabbau hatten.

Abbildung 22 stellt die Analyse der Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Albrektsson*¹⁰⁴ als Kaplan-Meier-Kurve dar.

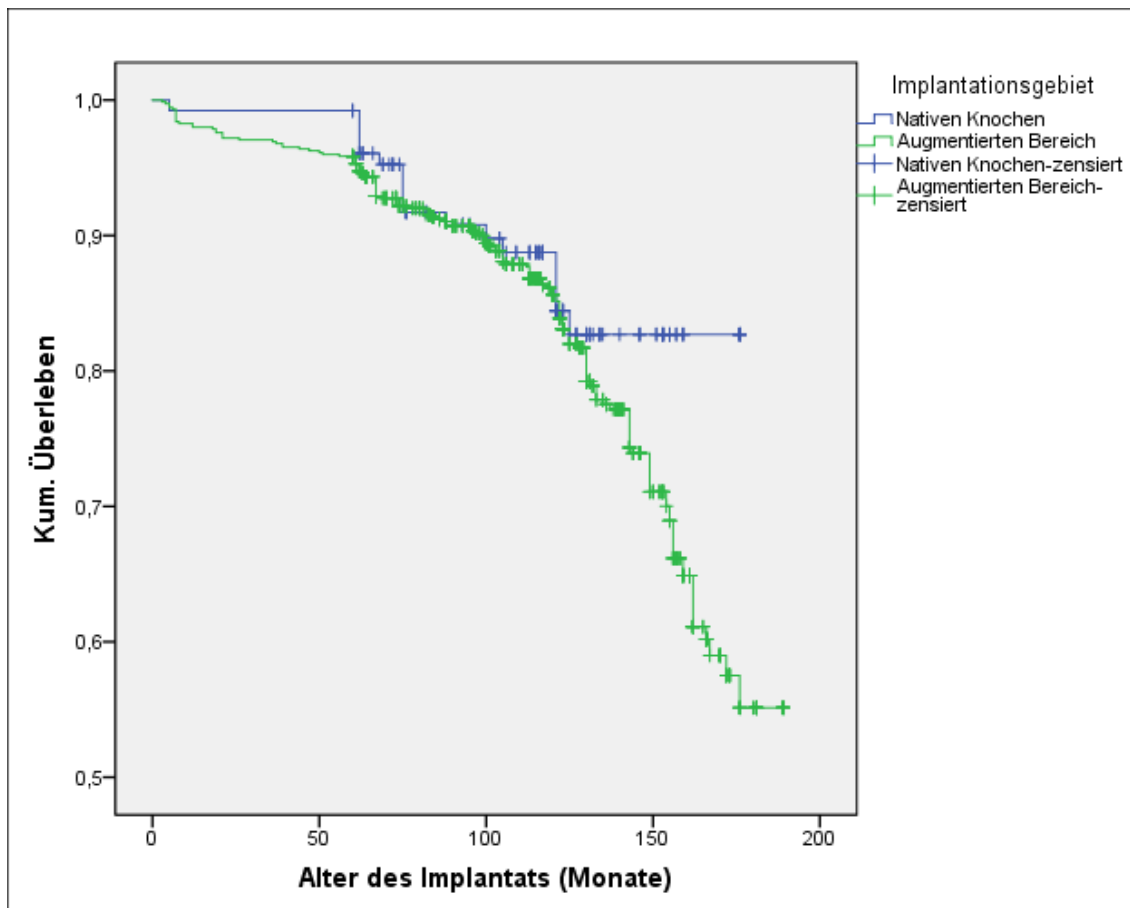


Abbildung 22 Erfolgswahrscheinlichkeit der Implantate nach *Albrektsson*

Nach fünf Jahren werden die Implantate im nativen Bereich mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,2% als erfolgreich eingestuft. Nach zehn Jahren beläuft sich die Erfolgswahrscheinlichkeit auf 88,8%. Am Ende der Beobachtungszeit nach 14,75 Jahren beläuft sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Albrektsson*¹⁰⁴ auf 82,7%. Im augmentierten Bereich beläuft sich die 5-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit auf 95,9%. Die 10-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit beträgt 85,7% und 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit beträgt 55,1%. Am Ende der Beobachtungszeit (14,75 Jahren) beläuft sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Albrektsson*¹⁰⁴ ebenfalls auf 55,1%. Die Erfolgszeiten des nativen und augmentierten Bereiches wurden mit dem Log-Rank-Test verglichen. Mit $p=0,128$ ist kein auffälliger Unterschied zwischen den Bereichen nachweisbar. Die mittlere Überlebenszeit wird in nativen Bereich auf 161,1 Monate und in augmentierten Bereich auf 160 Monate geschätzt. Die mediane Überlebenszeit kann nicht ermittelt werden, da die im Beobachtungszeitraum errechnete Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unter 50 Prozent gesunken ist.

3.3.2.3 Erfolgsquote nach *Naert* und *Snauwaert*

Tabelle 22 stellt die Anzahl der erfolgreichen und nicht erfolgreichen Implantate nach *Naert*¹⁰⁷ und *Snauwaert*¹⁰⁸ und deren Erfolgs- und Misserfolgsquoten dar. Der Chi-Quadrat Test nach Pearson zeigt keinen auffälligen Unterschied zwischen nativem und augmentiertem Gebiet mit $p=0,238$.

Tabelle 22: Übersicht der Erfolge und Misserfolge nach *Naert* und *Snauwaert*

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Erfolg nach Snauwaert	111	86%	669	89,6%	780	89%
Misserfolg nach Snauwaert	18	14%	78	10,4%	96	11%
Gesamt	129	100%	747	100%	876	100%

Zu den 96 nicht erfolgreichen Implantaten zählen 55 Implantatverluste. 41 Implantate wurden aufgrund der Kriterien nach *Naert*¹⁰⁷ und *Snauwaert*¹⁰⁸ als Misserfolg gewertet. Die Gründe waren:

- 20 Implantate mit periimplantäre Infektion
 - 11 Implantate mit persistierendem Schmerz
 - 4 Implantate mit einer kontinuierlichen periimplantären Radiotransluzenz
 - 4 Implantate mit erhöhte Periotest®-Werten
 - 1 Implantat im Unterkiefer mit einer Parästhesie
 - 1 „Sleeping Implant“, welches nicht prothetisch versorgt wurde.
- Bei keinem Implantat konnte eine Mobilität festgestellt werden.

Die Analyse der Erfolgswahrscheinlichkeit nach *Naert*¹⁰⁷ und *Snauwaert*¹⁰⁸ stellt die Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 23 dar.

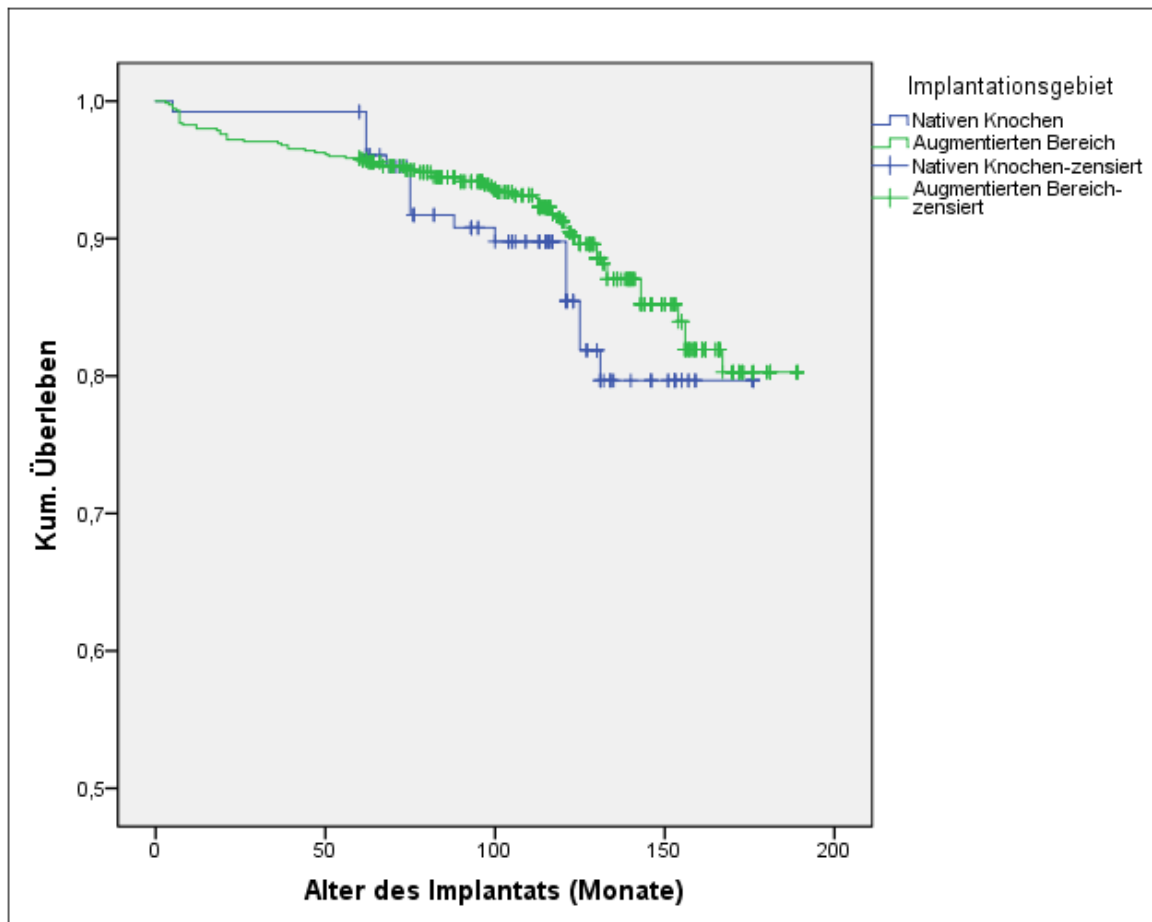


Abbildung 23 Erfolgswahrscheinlichkeit der Implantate nach *Snauwaert* und *Naert*

Nach fünf Jahren werden die Implantate im nativen Bereich mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,2% als erfolgreich eingestuft. Nach zehn Jahren beläuft sich die Erfolgswahrscheinlichkeit auf 89,8%. Am Ende der Beobachtungszeit nach 14,75 Jahren beläuft sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach Naert¹⁰⁷ und Snauwaert¹⁰⁸ auf 79,7%. Im augmentierten Bereich beläuft sich die 5-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit auf 95,9%. Die 10-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit beträgt 91,3% und die 15-Jahres-Erfolgswahrscheinlichkeit beträgt 80,3%. Am Ende der Beobachtungszeit (14,75 Jahre) beläuft sich die Erfolgswahrscheinlichkeit nach Naert¹⁰⁷ und Snauwaert¹⁰⁸ auf 83,3%. Die Erfolgszeiten des nativen und augmentierten Bereichs wurden mit dem Log-Rank-Test verglichen. Mit $p=0,220$ ist kein auffälliger Unterschied zwischen den Bereichen nachweisbar. Die mittlere Überlebenszeit wird im nativen Bereich auf 159,8 Monate geschätzt und im augmentierten Bereich auf 172,96 Monate. Die mediane Überlebenszeit kann nicht ermittelt werden, da die im Beobachtungszeitraum errechnete Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unter 50% gesunken ist.

3.4 Sekundärparameter

3.4.1 Implantatbezogene Parameter

Die nachfolgenden Parameter konnten nur bei den in Rahmen der Studie nachuntersuchten Implantaten erhoben werden. Es wurden 118 Implantate im nativen Bereich und 703 im augmentierten Bereich nachuntersucht. Eines der 703 Implantate ist ein sogenanntes „Sleeping Implant“, bei dem kein Parameter erhoben werden konnte, wodurch sich die Gesamtzahl der Implantate im augmentierten Bereich auf 702 reduziert.

3.4.1.1 Prothetische Versorgungen

Die nachuntersuchten Implantate wurden unterschiedlich prothetisch versorgt, was Tabelle 23 darstellt:

Tabelle 23: Verteilung der prothetischen Versorgung der Implantate

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Einzelzahnkrone	30	25,4%	140	19,9%	170	20,7%
Verblockte Krone	34	28,8%	171	24,4%	205	25%
Brückenanker	9	7,6%	60	8,5%	69	8,4%
Teleskopprothese + Primärkronen	45	38,1%	319	45,4%	364	44,4%
Teleskopprothese + Steg	0	0%	12	1,7%	12	1,5%
Gesamt	118	100%	702	100%	820	100%

Die häufigste Versorgung war in beiden Gruppen eine herausnehmbare Teleskopprothese, die auf implantatgetragenen Primärkronen verankert war.

Die Patienten wurden zum Auftreten von prothetischen Komplikationen und Reparaturen im Fragebogen befragt. Es wurde die Anzahl der prothetischen Komplikationen und Reparaturen in Tabelle 24 festgehalten.

Tabelle 24: Häufigkeit der Reparaturen der prothetischen Versorgung

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
Keine Reparatur	95	80,50%	588	83,60%	683	83,20%
Mindestens eine Reparatur	23	19,50%	115	16,40%	138	16,80%
Gesamt	118	100%	703	100%	821	100%

In beiden Gruppen mussten etwa 80% der prothetischen Suprakonstruktionen niemals repariert oder ersetzt werden. Zwischen beiden Gruppen ist mit dem Chi-Quadrat-Test kein auffälliger Unterschied ($p=0,4$) feststellbar.

3.4.1.2 Plaqueindex nach *Mombelli*

Die Plaquebesiedlung aller nachuntersuchten Implantate wurde mittels des Plaqueindex nach *Mombelli*¹⁴⁶ zur Beurteilung der Dentalhygiene erhoben. Die genaue Verteilung ist in Tabelle 25 dargestellt.

Tabelle 25: Verteilung des modifizierten Plaqueindex nach *Mombelli*

	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
keine Plaque zu erkennen	52	44,1%	298	42,5%	350	42,7%
Plaque durch Sondierung sichtbar	43	36,4%	315	44,9%	358	43,7%
sichtbare Plaque	20	16,9%	80	11,4%	100	12,2%
massive Plaque	3	2,5%	9	1,3%	12	1,5%
Gesamt	118	100%	702	100%	820	100%

Die Plaquebesiedlung ist in beiden Gruppen nicht auffällig unterschiedlich. Die Berechnung mittels Chi-Quadrat-Test ergibt $p=0,147$. Bei etwa 43% aller Implantate wurde keine Plaque beobachtet.

3.4.1.3 Sondierungstiefen

An jedem Implantat wurde der jeweils höchste Wert der Sondierungstiefen dokumentiert. Die Messergebnisse werden in Tabelle 26 dargestellt.

Tabelle 26: Verteilung des höchsten Sondierungswerts pro Implantat

Sondierungstiefe in mm	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
0	0	0,0%	1	0,1%	1	0,1%
1	1	0,8%	10	1,4%	11	1,3%
2	20	16,9%	145	20,6%	165	20,1%
3	68	57,6%	295	42,0%	363	44,2%
4	19	16,1%	115	16,4%	134	16,3%
5	3	2,5%	57	8,1%	60	7,3%
6	5	4,2%	57	8,1%	62	7,6%
7	1	0,8%	13	1,8%	14	1,7%
8	0	0,0%	6	0,9%	6	0,7%
9	1	0,8%	3	0,4%	4	0,5%
10	0	0,0%	1	0,1%	1	0,1%
Gesamt	118	100%	703	100%	821	100%

Durchschnittlich lagen die höchsten Sondierungstiefen bei 3,24 mm im nativen Bereich und bei 3,48 mm im augmentierten Bereich. Nach dem Mann-Whitney-U-Test ist mit $p=0,088$ kein auffälliger Unterschied zwischen den Gruppen zu finden.

3.4.1.4 Blutungsindex

Bei der Sondierung aller Implantate kam es bei 23 Implantaten im nativen (19,5%) und bei 148 (21%) im augmentierten Bereich zu einer Blutung (siehe Abbildung 24). Nach dem Chi-Quadrat Test ist jedoch kein auffälliger Unterschied zwischen den Gruppen vorhanden ($p=0,694$).

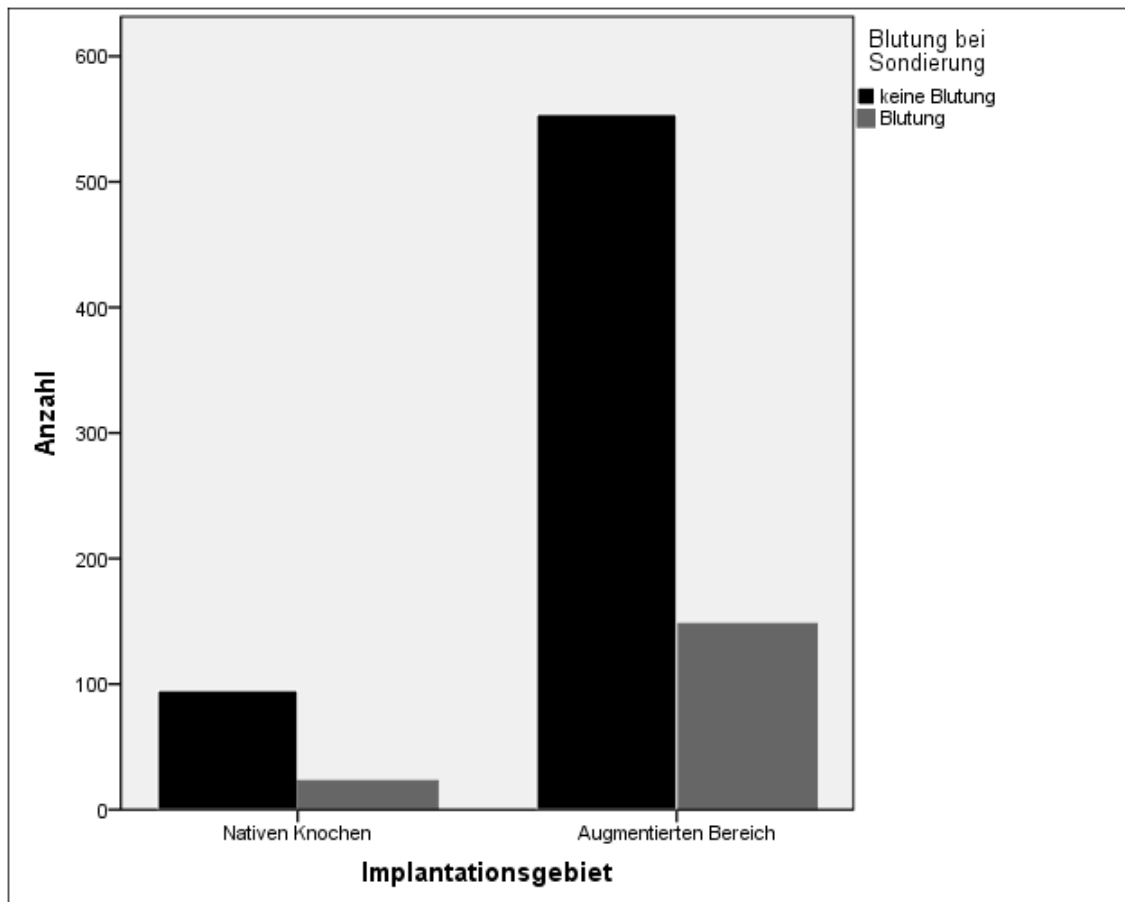


Abbildung 24 Vergleich des Auftretens von Blutungen bei Sondierung der Implantate zwischen nativem Knochen und augmentierten Bereich

3.4.1.5 Periotest®

Der Lockerungsgrad wurde zuerst manuell und anschließend mit dem Periotest®-Messgerät ermittelt. Bei der manuellen Messung wurde in beiden Gruppen bei allen Implantaten ein Lockerungsgrad von 0 festgestellt. Die Messwerte mit dem Periotest®-Messgerät werden in Tabelle 27 dargestellt.

Tabelle 27: Verteilung der Periotest®-Werte

Periotest®-Werte	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
-8 bis 0	106	89,8%	558	79,5%	664	81,0%
0 bis 10	11	9,3%	144	20,5%	155	18,9%
> 10	1	0,8%	0	0,0%	1	0,1%
Gesamt	118	100%	702	100%	820	100%

Im nativen Bereich erreichten 89,8% der Implantate Werte unter 0 und im augmentierten Bereich 79,5%. Für die Kriterien nach *Naert*¹⁰⁷ und *Snauwaert*¹⁰⁸ war ein Periotest®-

Wert höher als 8 mit einem Misserfolg gleichzusetzen. Nur 4 Implantate, 2 pro Gruppe, hatten einen Periotest®-Wert höher als 8 mit Werten von 9, 9, 10 und 26. Laut Chi-Quadrat-Test zeigen sich auffällig höhere Werte im augmentierten Bereich bei $p=0,00004$.

3.4.1.6 Keratinisierte Gingiva

Keratinisierte Gingiva konnte um 105 Implantate im nativen Bereich (89%) und um 647 Implantate im augmentierten Bereich (92,2%) festgestellt werden. Der Chi-Quadrat-Test errechnet keinen auffälligen Unterschied bei $p=0,246$.

Tabelle 28: Vorkommen von keratinisierter Gingiva

keratinisierte Gingiva	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
vorhanden	105	89%	647	92,2%	752	91,7%
nicht vorhanden	13	11%	55	7,8%	68	8,3%
Gesamt	118	100%	702	100%	820	100%

3.4.1.7 Knochenverlust

Bei jedem Implantat wurde der Knochenabbau gemessen und errechnet. Dieser wurde als Differenz der Alveolarkammhöhe nach Augmentation und der gemessenen Alveolarkammhöhe zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung definiert. Die Messung wurde bei jedem Implantat mesial und distal durchgeführt. Der höhere Wert der beiden Werte, mesial und distal des Implantates, wurde pro Implantate zur Auswertung hinzugezogen. Tabelle 29 zeigt in drei Gruppen die Verteilung des Knochenabbaus.

Tabelle 29: Verteilung des krestalen Knochenverlusts

Krestaler Knochenabbau in mm	Implantationsgebiet				Gesamt	
	Nativer Bereich		Augmentierter Bereich			
	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent	Anzahl der Implantate	Prozent
0 bis 0,5	14	11,9%	66	9,4%	80	9,7%
0,5 bis 3,5	101	85,6%	517	73,5%	618	75,3%
> 3,5	3	2,5%	120	17,1%	123	15,0%
Gesamt	118	100%	703	100%	821	100%

Ein auffälliger Unterschied kann nach dem Mann-Whitney-U-Test zwischen den medianen Knochenverlustwerten im nativen und den augmentierten Bereich festgestellt werden ($p<0,001$). Es zeigt sich im augmentierten Bereich mit 1,93 mm ein höherer

medianer Knochenabbau als bei nativem Bereich mit 1,23 mm. Ebenso ist der Mittelwert mit 2,16 mm im augmentierten Bereich höher als im nativen Bereich mit 1,43 mm (Tabelle 30).

Tabelle 30: Deskriptive Statistik des krestalen Knochenverlusts in mm

	Implantationsgebiet	
	Nativer Bereich	Augmentierter Bereich
Anzahl der Implantate	118	703
Mittelwert	1,43	2,16
Median	1,23	1,93
Standardabweichung	0,97	1,51
Minimum	0	0
Maximum	5,84	12,8

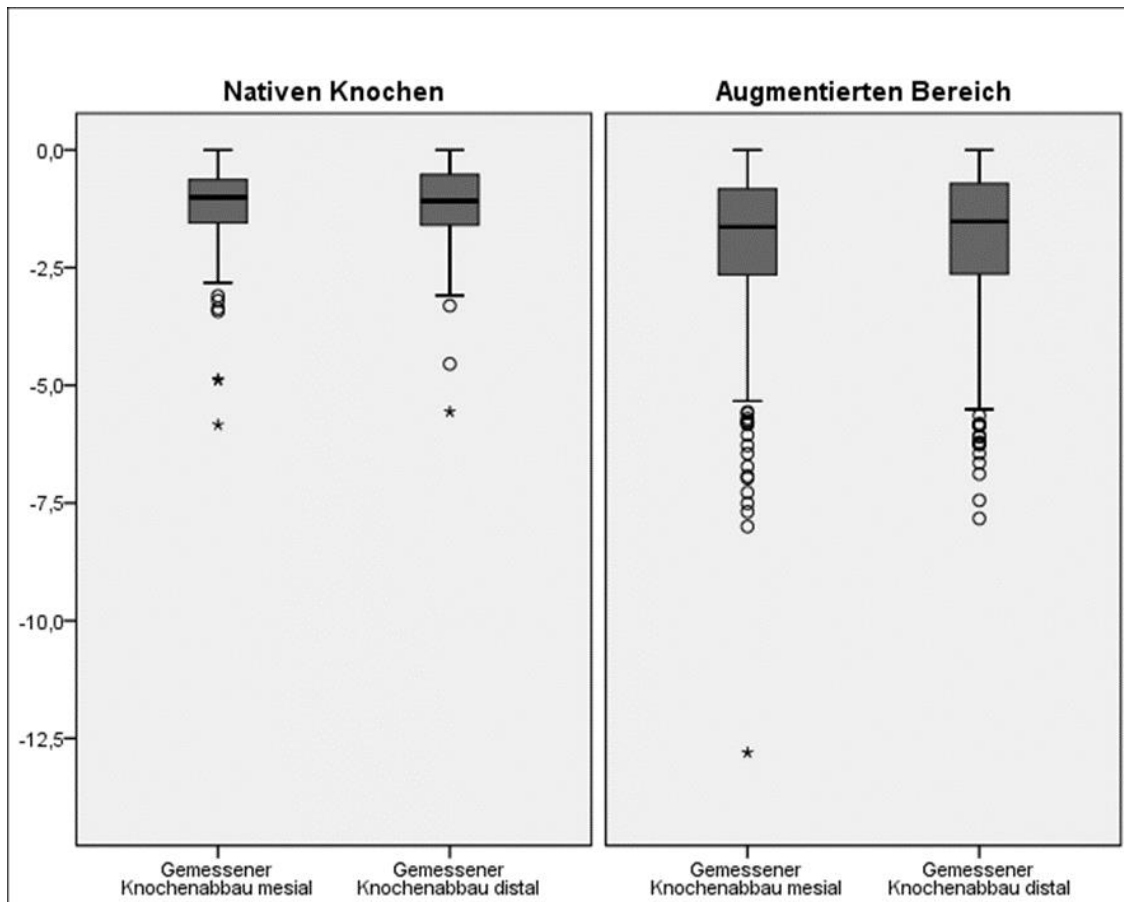


Abbildung 25 Knochenabbau im augmentierten und nativen Bereich in mm

Abbildung 25 zeigt die Verteilung des gemessenen mesialen und distalen Knochenabbaus in beiden Bereichen als Boxplot. Nach dem Mann-Whitney-U-Test ist mesial und distal ein auffälliger Unterschied vorhanden (mesial: $p= 0,000008$,

distal: $p=0,000019$). Im augmentierten Bereich ist der Knochenabbau jeweils auffällig höher.

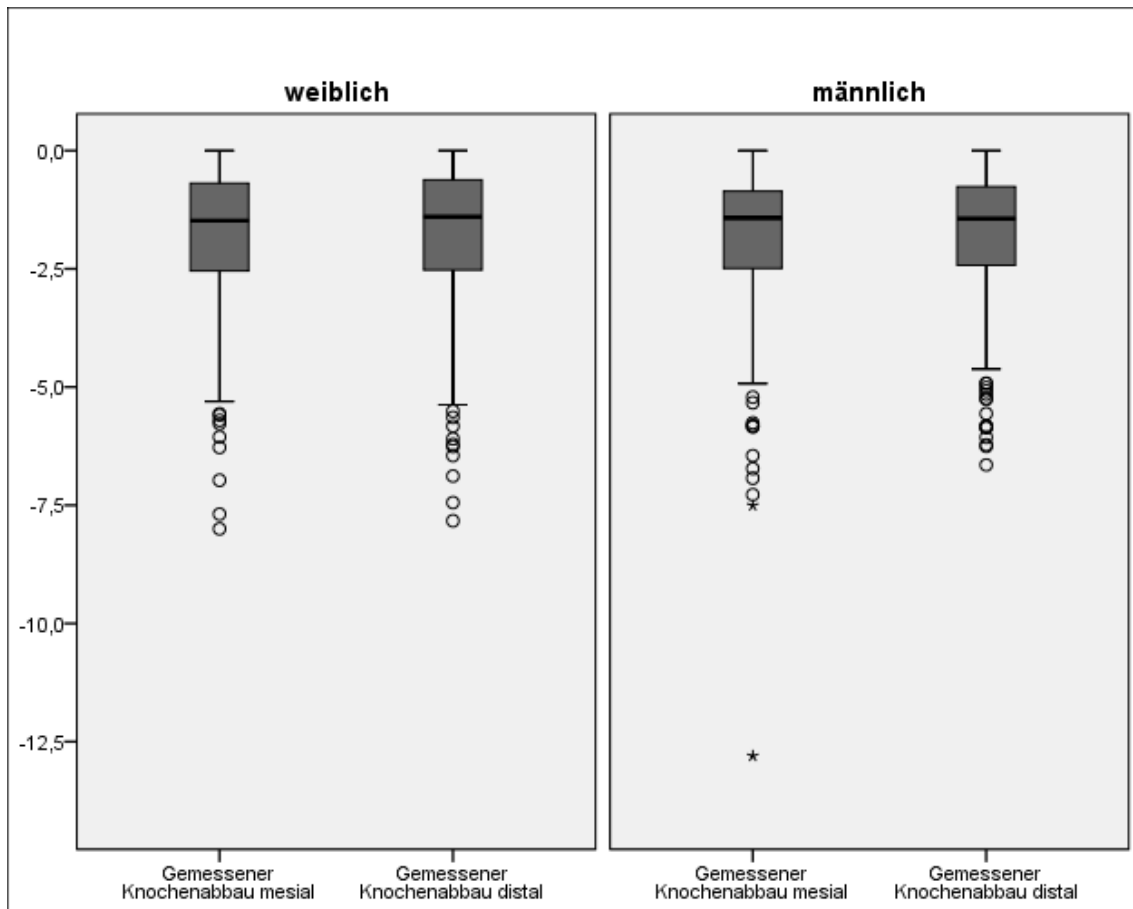


Abbildung 26 Knochenabbau im augmentierten und nativen Bereich innerhalb beider Geschlechter in mm

Die Verteilung des Knochenabbaus beider Bereiche getrennt nach Geschlecht wird in Abbildung 26 dargestellt. Nach dem Mann-Whitney-U-Test ist mesial und distal kein auffälliger Unterschied vorhanden (mesial: $p=0,361$, distal: $p=0,541$).

3.4.2 Patientenbezogene Parameter

3.4.2.1 Rauchverhalten

Von den 132 Patienten waren 78% Nichtraucher und 22% Raucher. Das Rauchverhalten wurde nach durchschnittlicher Anzahl an Zigaretten pro Tag in die Gruppen 1-5, 6-15 und mehr als 16 Zigaretten am Tag unterteilt. Tabelle 31 zeigt die Anzahl der Patienten pro Gruppe.

Tabelle 31: Rauchverhalten der nachuntersuchten Patienten

	Anzahl Patienten	Prozent
Nichtraucher	103	78%
1-5 Zigaretten/Tag	8	6,1%
6-15 Zigaretten/Tag	12	9,1%
≥ 16 Zigaretten/Tag	9	6,8%
Gesamt	132	100%

3.4.2.2 Patientenzufriedenheit

Die Zufriedenheit der Patienten, auf ihre Implantate bezogen, konnte in einem Fragebogen mithilfe von Schulnoten bezogen auf die Kategorien: Kauffunktion, Sprechvermögen und Zufriedenheit mit der Operation, allgemeine Zufriedenheit und Art oder Fehlen von Beschwerden als Freitext ausgedrückt werden. Die Schulnote 1 entspricht dem Urteil sehr gut, 2 gut, 3 befriedigend, 4 ausreichend, 5 mangelhaft und 6 ungenügend.

Eine Patientin konnte sich aufgrund der Tatsache, dass sie nur ein Implantat habe und dieses nicht wahrnehme, nur zu einer Benotung der Kauffunktion und allgemeinen Zufriedenheit, jedoch nicht zur Ästhetik, Sprachvermögen äußern. Zu ihren Operationen nach der langen Zeit konnte sie ebenfalls keine Benotung geben.

3.4.2.3 Beschwerden

Jeder Patient konnte in Form eines Freitextes Beschwerden, die er oder sie vom Zeitpunkt der Implantation bis zum Untersuchungszeitpunkt gehabt hatte, angeben. Über 90% der Patienten (n= 121) hatten seit der Implantation keinerlei Beschwerden. Die häufigste Beschwerde bei den übrigen Patienten waren Zahnfleischbeschwerden in Form von Zahnfleischbluten beim Zähneputzen oder vorübergehende Schmerzen. Weitere Beschwerden können aus Tabelle 32 entnommen werden.

Tabelle 32: Beschwerden der Patienten seit Implantation

	Anzahl Patienten	Prozent
Keine Beschwerden	121	91,7%
Aussprachebeschwerden	1	0,8%
Kiefergelenksbeschwerden	1	0,8%
Perforation der Kieferhöhle mit Eiter	1	0,8%
Schmerzen in der Hüfte	1	0,8%
Schmerzen und Zahnfleischbeschwerden	1	0,8%
Zahnfleischbeschwerden	6	4,5%
Gesamt	132	100%

3.4.2.4 Kaufunktion

Bei der Beurteilung der Kaufunktion vergaben 73 Patienten die Note sehr gut und 45 Patienten die Note gut. Die Note befriedigend oder schlechter wurde von 14 Patienten vergeben, was einen relativen Anteil von 10,6% entspricht.

Tabelle 33: Schulnotenverteilung zum Thema Kauffunktion

Schulnote	Anzahl Patienten	Prozent
1	73	55,3%
2	45	34,1%
3	7	5,3%
4	4	3%
5	2	1,5%
6	1	0,8%
Gesamt	132	100%

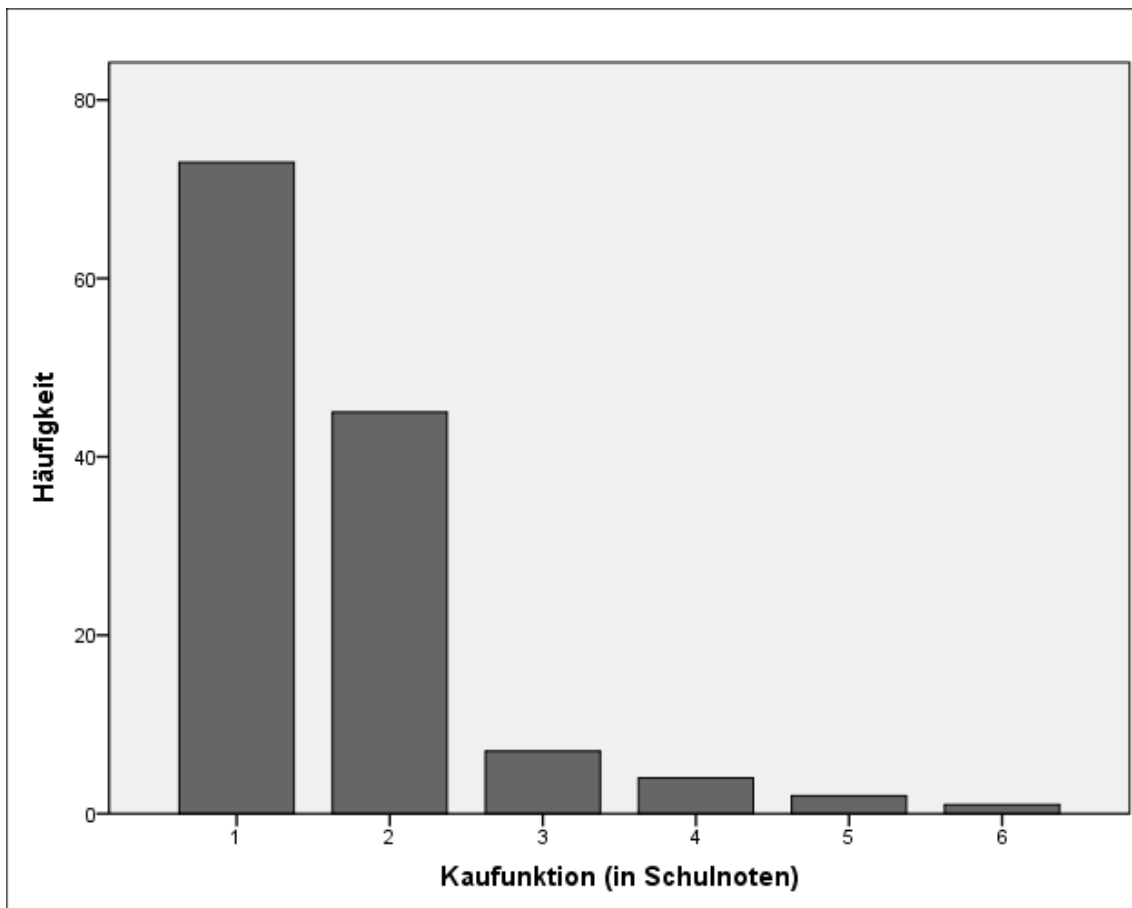


Abbildung 27 Bewertung der Kauffunktion anhand von Schulnoten

3.4.2.5 Sprechvermögen

Bei der Beurteilung des Sprechvermögens, oder genauer der Beeinträchtigung des Sprechvermögens durch die dentalen Implantate mit Suprakonstruktion, vergaben 62,9% der Patienten die Note sehr gut und 28,8% die Note gut. Die Note befriedigend oder schlechter wurde von 10 Patienten vergeben was einen relativen Anteil von 7,6% entspricht.

Tabelle 34: Schulnotenverteilung zum Thema Sprechvermögen

Schulnote	Anzahl Patienten	Prozent
1	83	62,9%
2	38	28,8%
3	4	3%
4	3	2,3%
5	3	2,3%
Gesamt	131	99,2%
Fehlend	1	0,8%
Gesamt	132	100%

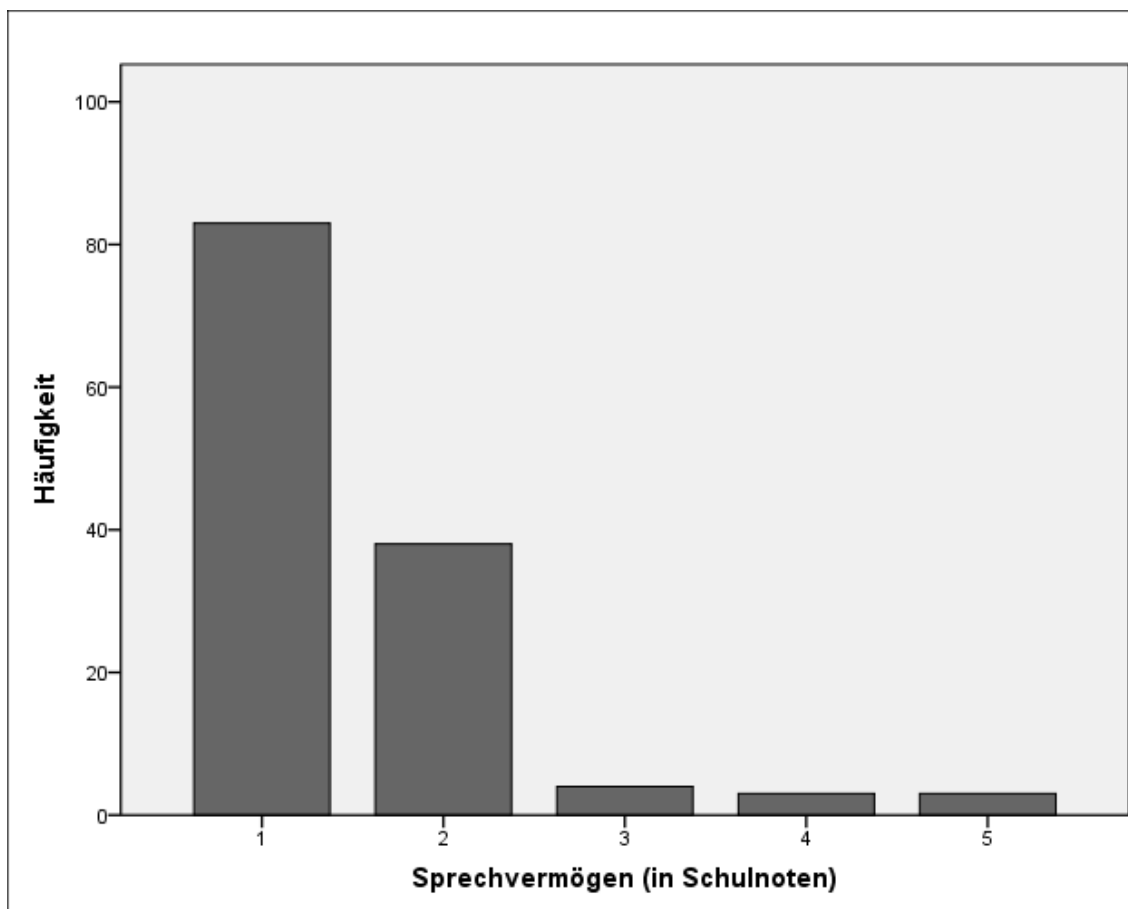


Abbildung 28 Bewertung des Sprechvermögens anhand von Schulnoten

3.4.2.6 Ästhetik

Bei der Beurteilung der Ästhetik vergaben 47% der Patienten die Note sehr gut und 32,6% die Note gut. Die Note befriedigend oder schlechter wurde von 26 Patienten vergeben, was einen relativen Anteil von 19,7% entspricht. Die Farbe der Suprakonstruktion war der am häufigsten genannte Grund für eine schlechte Bewertung, gefolgt von künstlich und unnatürlich aussehender Zahnform.

Tabelle 35: Schulnotenverteilung zum Thema Ästhetik

Schulnote	Anzahl Patienten	Prozent
1	62	47%
2	43	32,6%
3	18	13,6%
4	2	1,5%
5	3	2,3%
6	3	2,3%
Gesamt	131	99,2%
Fehlend	1	0,8%
Gesamt	132	100%

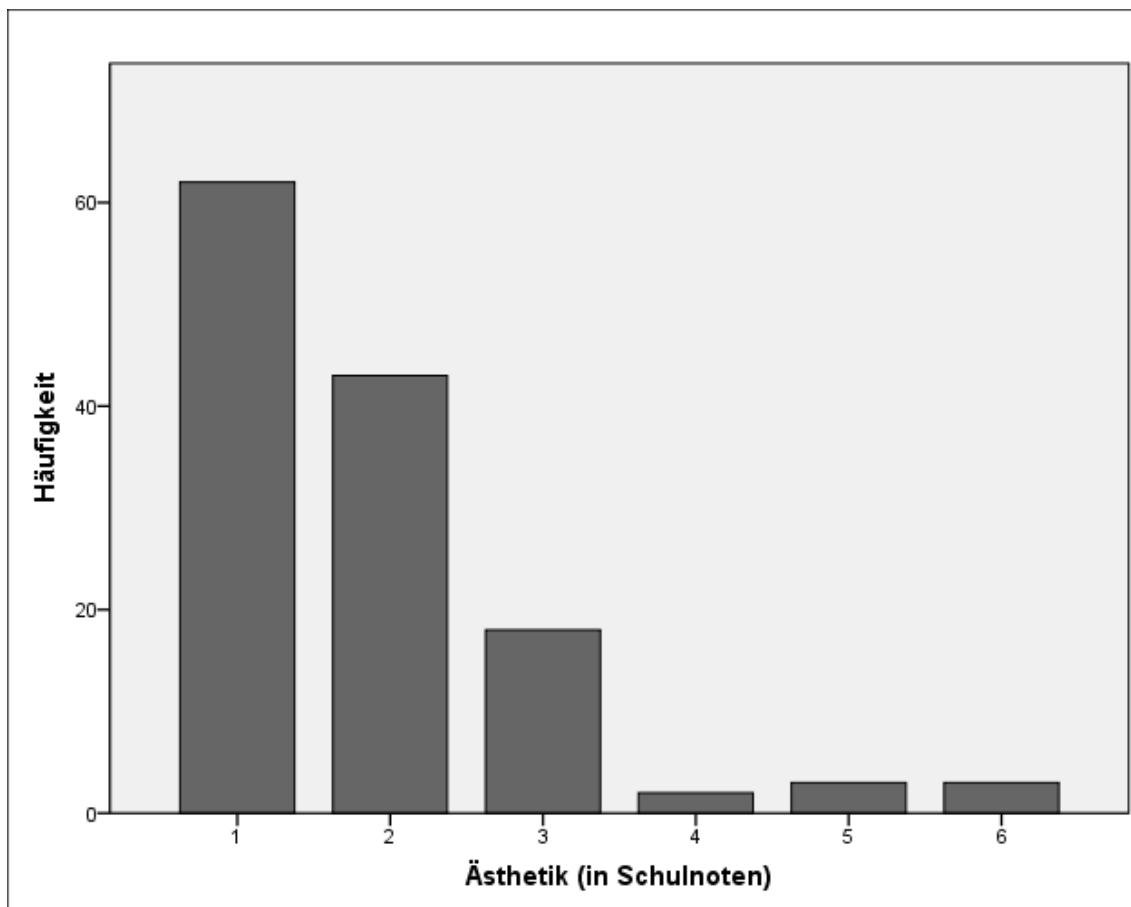


Abbildung 29 Bewertung der Ästhetik anhand von Schulnoten

3.4.2.7 Operation

Die Patienten konnten ihre Zufriedenheit mit der Augmentations- und Implantationsoperation in Form von Schulnoten bewerten. 56,8% der Patienten vergaben die Note sehr gut und 29,5% die Note gut. Die Note befriedigend oder schlechter wurde von 17 Patienten vergeben, was einen relativen Anteil von 12,9% entspricht. Postoperativer Hüftschmerz nach der Knochenentnahme war der häufigste mündlich genannte Grund.

Tabelle 36: Schulnotenverteilung zum Thema Zufriedenheit mit den Operationen

Schulnote	Anzahl Patienten	Prozent
1	75	56,8%
2	39	29,5%
3	11	8,3%
4	3	2,3%
5	3	2,3%
Gesamt	131	99,2%
Fehlend	1	0,8%
Gesamt	132	100%

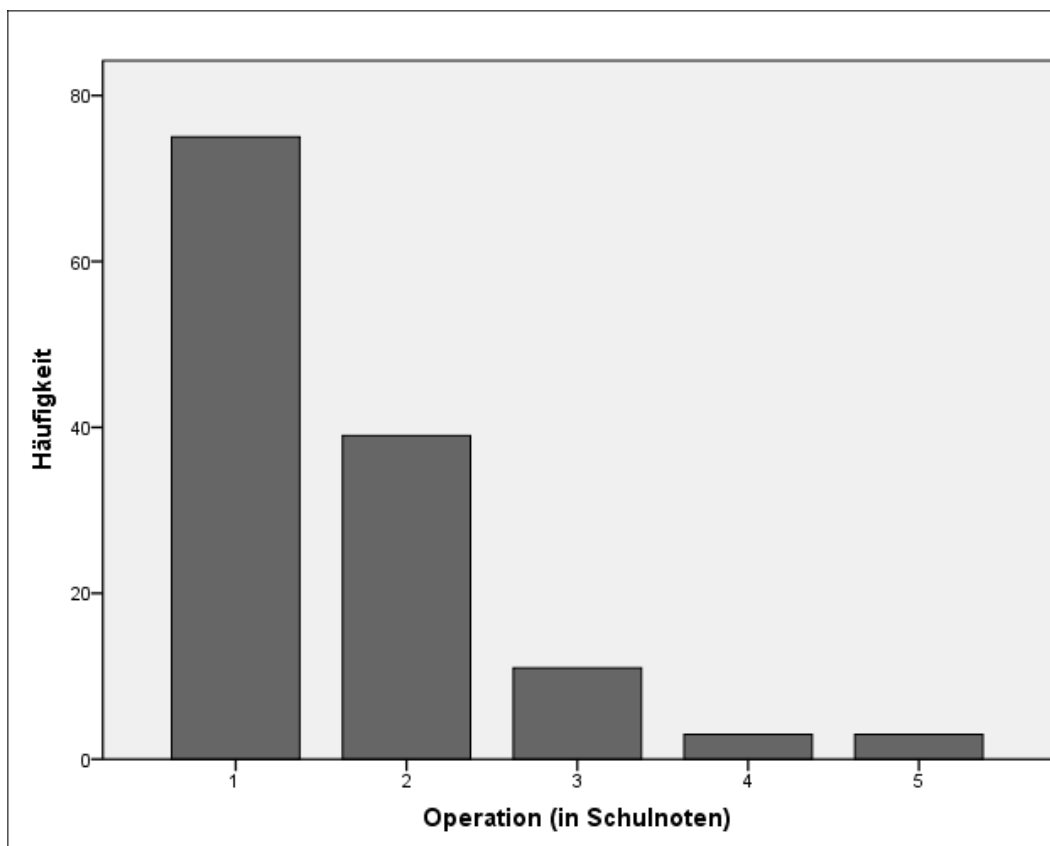


Abbildung 30 Bewertung der Operation anhand von Schulnoten

3.4.2.8 Allgemeine Zufriedenheit mit dem Zahnersatz

Die allgemeine Zufriedenheit mit dem Zahnersatz als Ganzes wurde von 58,3% der Patienten als sehr gut und von 31,1% der Patienten als gut beurteilt. Die Noten befriedigend oder schlechter wurden von 10,6% der Patienten vergeben. Die Note ungenügend wurde hierbei nicht vergeben.

Tabelle 37: Schulnotenverteilung zum Thema allgemeine Zufriedenheit

Schulnote	Anzahl Patienten	Prozent
1	77	58,3%
2	41	31,1%
3	8	6,1%
4	2	1,5%
5	4	3%
Gesamt	132	100%

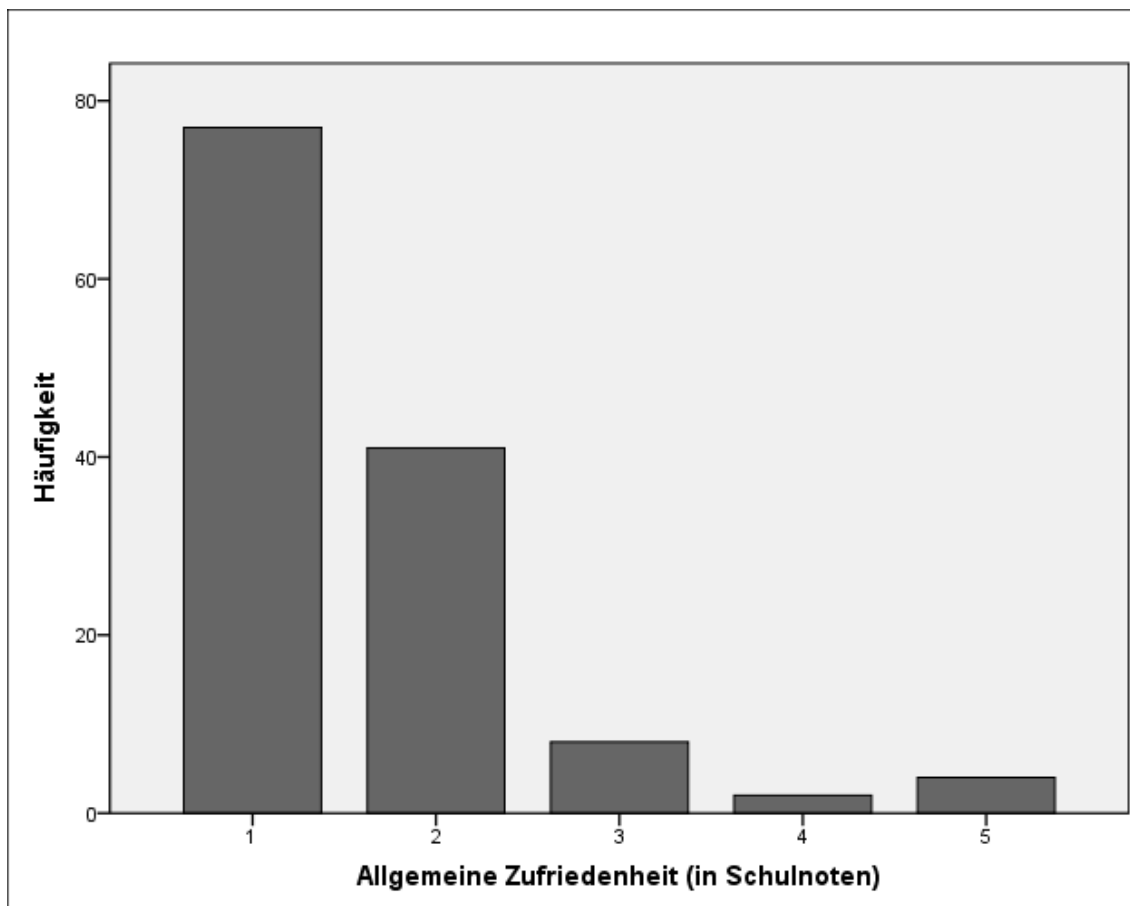


Abbildung 31 Bewertung der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Zahnersatz anhand von Schulnoten

3.4.2.9 Zahnputzfreqenz

Die Häufigkeit der mechanischen Plaqueentfernung im Rahmen der häuslichen Zahnpflege wurde von den meisten Patienten (61,4%) mit zweimal täglich beantwortet. Manche Patienten konnten sich nicht auf eine ganze Zahl festlegen und gaben Spannen, wie zum Beispiel 1-2-mal täglich an. Dies wird zur Vereinfachung als 1,5 dargestellt. Es gab keine Patienten, die weniger als 1-mal täglich Zahnpflege betrieben.

Tabelle 38: Häufigkeit der häuslichen Zahnpflege pro Tag

Anwendungen pro Tag	Anzahl Patienten	Prozent
1	16	12,1%
1,5	3	2,3%
2	81	61,4%
2,5	12	9,1%
3	14	10,6%
3,5	3	2,3%
4	3	2,3%
Gesamt	132	100%

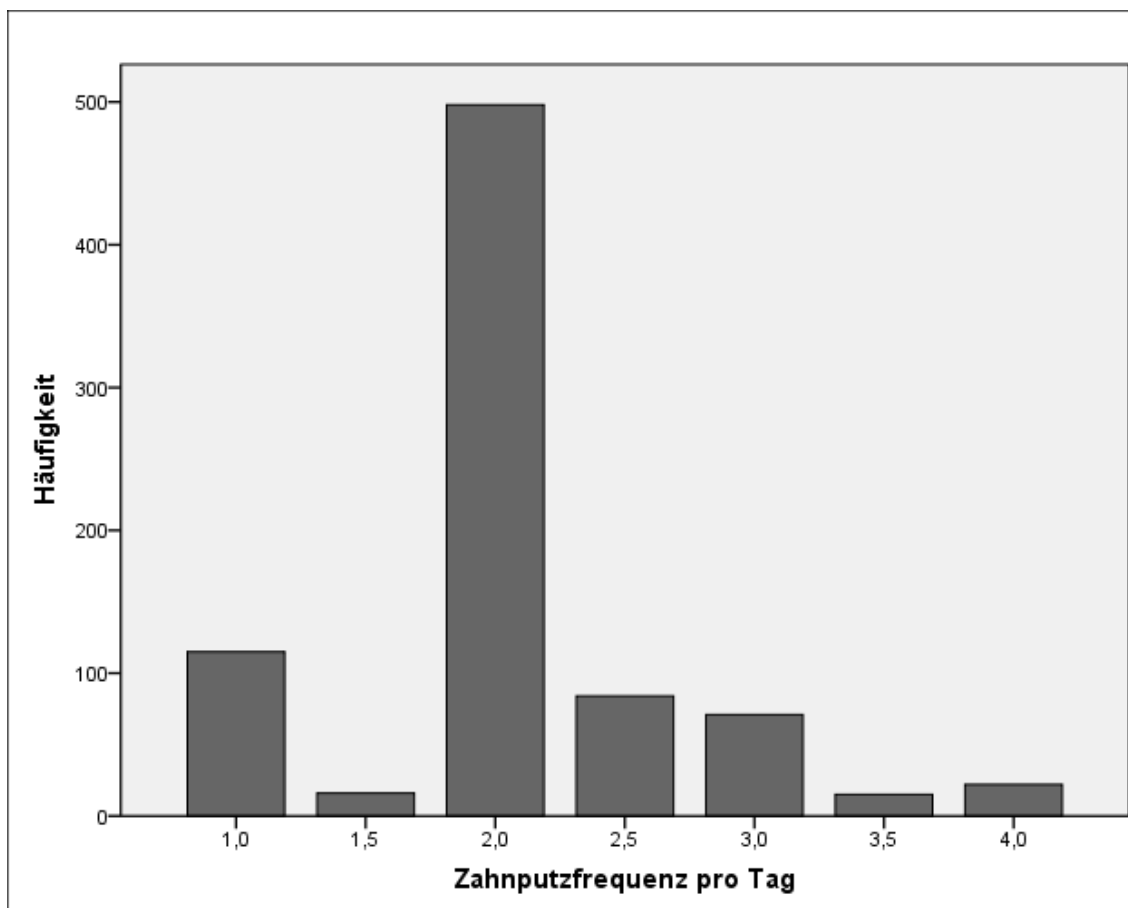


Abbildung 32 Darstellung der täglichen Zahnputzfreqenz pro Tag

3.4.2.10 Professionelle Zahnreinigung

Über 80% der Patienten gaben an, mindestens einmal jährlich eine Individualprophylaxe in Form einer professionellen Zahnreinigung (PZR) in Anspruch zu nehmen. 5 Patienten gaben an, mindestens alle zwei Jahre zur PZR zu gehen. Dies wird zur Vereinfachung als 0,5 Anwendungen pro Jahr dargestellt. 21 Patienten gaben an noch nie eine PZR erhalten zu haben.

Tabelle 39: Häufigkeit der professionellen Zahnreinigungen pro Jahr

Anwendungen pro Tag	Anzahl Patienten	Prozent
Nie	21	15,9%
0,5	5	3,8%
1	54	40,9%
2	39	29,5%
3	6	4,5%
4	2	1,5%
Gesamt	127	96,2%
Fehlend	5	3,8%
Gesamt	132	100%

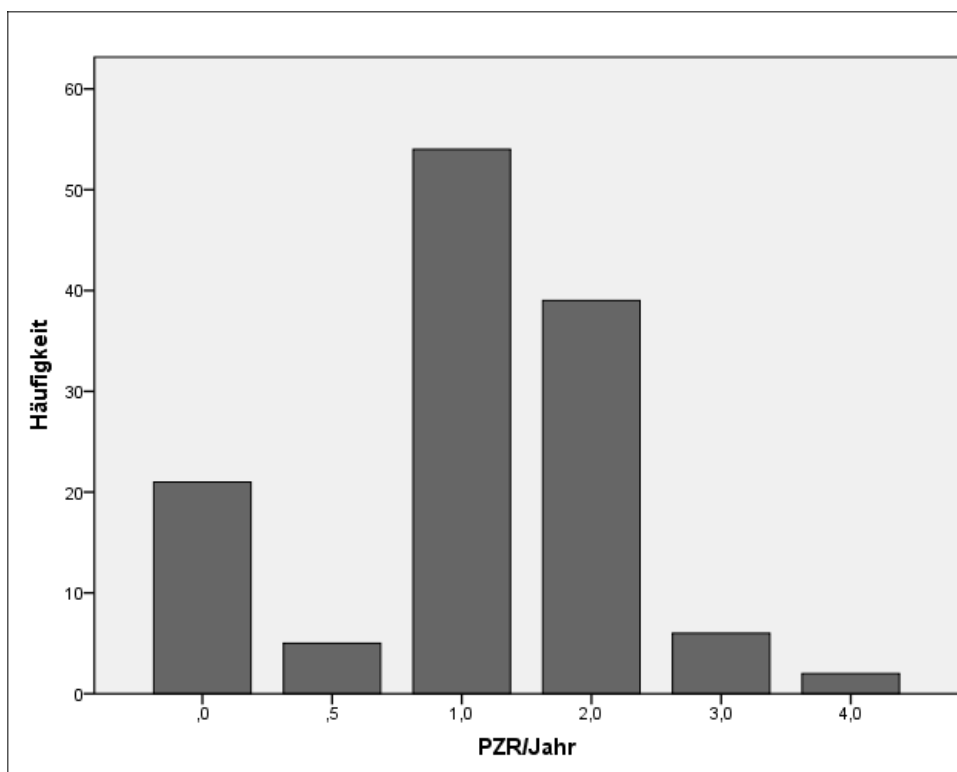


Abbildung 33 Darstellung der PZR-Frequenz pro Jahr

3.5 Gesamtübersicht der Ergebnisse

Tabelle 40 zeigt die Zusammenfassung der zuvor beschriebenen Ergebnisse. Der Vergleich der Werte für Implantate im nativen und augmentierten Bereich zeigt statistisch auffällige Unterschiede für die Bewertung des Erfolgs nach *Albrektsson*, Periotest®-Wert und durchschnittlicher krestaler Knochenabbau.

Tabelle 40: Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse

	Augmentiert		Nativ	
	Wert	Bewertung	Wert	Bewertung
Überlebensrate	94,1%	+	91,5%	-
Kumulierte Überlebensrate	92,3%	+	90,8%	-
Erfolg nach <i>Buser</i>	91,2%	+	89,1%	-
Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Buser</i> *	80,0%	-	86,4%	+
Erfolg nach <i>Albrektsson</i>	79,4%	-	86,8%	++
Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Albrektsson</i> *	55,1%	-	82,7%	+
Erfolg nach <i>Naert</i> und <i>Snauwaert</i>	88,8%	+	86,0%	-
Kumulierte Erfolgsrate nach <i>Naert</i> und <i>Snauwaert</i> *	76,2%	-	79,7%	+
Plaueindex (Mittelwert)	0,72	+	0,78	-
Sondierungstiefe (Mittelwert)	3,48	+	3,24	-
Blutung bei Sondierung	21,1%	-	19,5%	+
Periotest®-Wert (Mittelwert)	-2,05	-	-2,26	++
Keratinisierte Gingiva	92%	+	89%	-
Krestaler Knochenabbau (Mittelwert)	-2,16 mm	-	-1,43 mm	++

* kumulierte Erfolgsrate wurde im beiden Bereich bei 14,75 Jahren abgelesen;

- Wert ist schlechter als in der anderen Gruppe; + Wert ist besser als in der anderen Gruppe; ++ Wert ist besser als in der anderen Gruppe statistisch auffällig mit $p < 0,05$

4. Diskussion

4.1 Diskussion von Patientenkollektiv und Methodik

4.1.1 Studiendesign, Patientenkollektiv und statistische Auswertung

In der vorliegenden Arbeit wird der Langzeiterfolg und das Überleben von Implantaten ermittelt, welche in einen mit Beckenkammknochen augmentierten Kieferbereich inseriert wurden. Abgesehen davon wurden Implantate, die nicht in den fokussierten Bereich gesetzt wurden, zur zusätzlichen Evaluation und Vergleich mituntersucht, dabei handelt es sich nicht um eine Kontrollgruppe. Deswegen sind die Beobachtungen und Ergebnisse der Implantate im augmentierten Bereich vorrangig zu betrachten. Die Studie ist eine retrospektive, klinische, analytische Follow-Up Studie bzw. Kohortenstudie und weist somit nicht den gleich hohen Evidenzgrad einer randomisierten kontrollierten Studie auf und folgt dieser im Grad der Evidenz¹⁵⁹⁻¹⁶¹. Es bestand zu keinem Zeitpunkt eine Randomisierung oder eine Verblindung auf Seiten der Patienten oder der Untersucher.

In dieser retrospektiven Studie wurden 876 Implantate bei 132 Patienten, die im Zeitraum vom 25.07.2000 bis 31.12.2012 an den Universitätsklinikum Gießen und Marburg am Standort Gießen inseriert wurden, klinisch und radiologisch nachuntersucht und beurteilt. 747 Implantate wurden in einen Kieferbereich gesetzt, der zuvor oder parallel zur Implantation mit Beckenkammknochen augmentiert wurde. Die anderen 129 Implantate, die ohne eine Vergrößerung des Knochenangebotes gesetzt werden konnten, wurden ebenfalls klinisch bewertet, sofern sie in dem oben genannten Zeitraum implantiert worden sind.

Bei den nachuntersuchten Patienten wurde der Knochen vom vorderen oder vom hinteren Beckenkamm entnommen. Der laterale Aspekt der vorderen Spina iliaca anterior superior wurde aufgrund der dicken kortikalen Schicht und Morphologie verwendet, da sich dieser besser für die Rekonstruktion des Alveolarkamms und für eine ideale Implantatposition eignet. Der hintere Beckenkamm wurde aufgrund der Notwendigkeit, den Patienten während des Eingriffs umzulagern, nur in Sonderfällen durchgeführt. Durch die geringe Anzahl an Patienten, bei denen der Knochen vom hinteren Beckenkamm entnommen wurde, war eine Einteilung der Patienten nach Entnahmestelle (vorderer und hinterer Beckenkamm) nicht möglich und wurde daher nicht differenziert betrachtet.

Das Patientenkollektiv ist mit 132 im Vergleich zur bestehenden Literatur nicht als gering zu betrachten, jedoch handelt es sich dabei nur um 69% der insgesamt 192 Patienten,

die ursprünglich potenziell für die Studie in Frage gekommen wären. Sieben dieser Patienten waren zum Zeitraum der Studie verstorben und bei sechs Patienten konnte die aktuelle postalische Adresse nicht ermittelt werden. 47 Patienten konnten aus zeitlichen, beruflichen oder sonstigen Gründen nicht an der Studie teilnehmen. Somit ist ein gewisser *selection bias* (Stichprobenverzerrung) anzunehmen ¹⁵⁹.

Die statistische Bearbeitung der erhobenen Daten erfolgt in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Informatik. Die Auswertung der erhobenen Daten wurde als patienten- und implantatbezogene Datensätze durchgeführt. So wird jeder Patient oder jede Patientin bei patientenbezogenen Daten nur einmal bewertet, wurden bei einem Patienten mehrere Implantate inseriert, wurden diese in den implantatbezogenen Daten entsprechend mehrfach berücksichtigt. Dies könnte die Daten so beeinflussen, dass die Ergebnisse einer zufälligen Schichtung der Beobachtungseinheiten unterliegen ¹⁵⁹.

4.1.2 Primärparameter

Die definierten Primärparameter in dieser Studie waren die Überlebens- und Erfolgsraten der Implantate. Die Überlebensrate der Implantate diene als leicht überprüfbarer und reproduzierbarer Zustand und stellt eine Grundlage zur Bewertung der Implantate dar. Das Überleben eines Implantates wurde als sich physikalisch noch in der Mundhöhle befindliches und nicht entferntes Implantat definiert ⁸⁷. Der genauere Zustand der Implantate wurde mittels mehrerer Erfolgskriterien genauer ermittelt. Der Erfolg wurde nach den drei verschiedenen Erfolgskriterien nach Buser ¹⁰⁶, Albrektsson ⁸ und Naert & Snauwaert ^{107, 108} bewertet. Diese Kriterien wurden gewählt, da diese in der Literatur häufig verwendet werden und innerhalb eines Untersuchungstermin ohne Folgetermine erhoben werden konnten. Der Vergleich der Erfolgsraten der verschiedenen Autoren, erweist sich als schwierig durchzuführen, da nur teilweise überschneidende Kriterien in den verschiedenen Definitionen zu finden sind. Es wird häufig darauf hingewiesen, dass die Überlebensrate unzureichend zur Bewertung von Implantaten geeignet ist. In der Zukunft wäre es erstrebenswert einen internationalen Konsens zu erstellen, da dieser bis heute nicht vorhanden ist ¹⁴¹.

Die Überlebens- und Erfolgsraten wurden mittels des Kaplan-Meier-Schätzer Verfahrens errechnet. Dabei wird nicht nur eine Gegenüberstellung von gesetzten zu verlorenen Implantaten bzw. Erfolgen und Misserfolgen, sondern zusätzlich die Verweildauer der Implantate im Kiefer berücksichtigt ¹⁶². Ebenso konnte die mittlere Überlebenszeit berechnet werden. Die mittlere Überlebenszeit wird sehr stark von Zensuren beeinflusst. Aus diesem Grund werden meist Medianwerte der Überlebenszeiten angegeben. Die

mediane Überlebenszeit ist die Zeit, zu der die Hälfte der Patienten ein Ereignis, in diesem Fall eine Explantation, erlebt hat ¹⁶².

Die Erfolgskriterien nach Buser und Albrektsson wurden ausgewählt, da sie auf internationaler Ebene zu den am meisten verwendeten Kriterien zählen ^{109, 110}. Ein Aspekt der beiden Kriterien ist der Lockerungsgrad bzw. die Stabilität des Implantats. Eine bemerkbare Lockerung eines Implantats tritt bei fehlender Osseointegration oder massivem Knochenabbau auf. Um diesen Messwert zu objektivieren und genauer messen und ein teilen zu können, wurde entschieden, dass Periotest[®] Gerät der Firma Gulden zu verwenden. Durch die Erhebung der Periotest[®]-Werte war es möglich, auch die Implantate nach den Erfolgskriterien von Naert & Snauwaert zu evaluieren und so eine zusätzliche Vergleichsbasis zu erhalten.

Das Kriterium des vertikalen Knochenverlustes in den Kriterien von Albrektsson muss kritisch betrachtet werden. So wird in diesen ein linearer kontinuierlicher Knochenabbau angenommen, der im Idealfall eine Grenze von 0,2 mm pro Jahr nicht überschreitet. Der Grenzwert für den marginalen krestalen Knochenabbau wurde als durchschnittlicher Wert bezogen auf die Verweildauer berechnet, da aufgrund der retrospektiven Datenerhebung keine jährlichen röntgenologischen Kontrollen nach Implantation vorlagen. Diese Vorgehensweise wurde von Buch *et al.* kritisiert, da für eine solche Beurteilung eine jährliche radiologische Verlaufskontrolle vonnöten sei und dieses als technisch fraglich und nur mit Einschränkung valide durchführbar sei ¹⁰⁹. Weibrich *et al.* beschrieben unterschiedliche Erfolgsraten bei Nutzung der Erfolgskriterien von Buser und Albrektsson am selben Patientenkollektiv. So wurden 84,4% erfolgreich nach den Kriterien von Buser gewertet und 77% nach den Erfolgskriterien von Albrektsson. Die Autoren führten dies auf die unterschiedliche Bewertung von Knochenverlust und periimplantärer Infektion zwischen den Kriterien zurück ⁸⁹. Die Bewertung einer periimplantären Infektion erweist sich auch dadurch als schwierig, da noch keine einheitliche internationale Definition dafür existiert ¹⁶³.

Zu den Schwächen, die alle Kriterien haben, zählt dass die Patientenmeinung nicht stark gewichtet wird. Bei der Anwendung der Kriterien wird nach Schmerz, Fremdkörpergefühl und/oder Dysästhesien gefragt. Darüber hinaus spielt die Patientenmeinung eine untergeordnete und nicht berücksichtigte Rolle. So können Implantate nach den Kriterien erfolgreich sein, jedoch vom Patienten als belastend oder störend im Bereich der Ästhetik, Kaufunktion oder Sprechvermögen empfunden werden, und so vom Patienten als „mislungen“ oder „Misserfolg“ wahrgenommen werden.

Eine weitere Schwäche der genannten Erfolgskriterien ist, dass nur zwei Ergebnisse erreicht werden können. Ein beurteiltes Implantat kann nur in Erfolg und Misserfolg eingeteilt werden. So wird jedes explantierte Implantat automatisch als Misserfolg gewertet und so in die gleiche Kategorie gestellt, wie ein Implantat, welches durch einen einzigen Messwert ein Negativkriterium erfüllt. Diese undifferenzierte Betrachtungsweise stellt somit kein Abbild des tatsächlichen klinischen Zustands des Implantats dar. Ein Implantat-Erfolgsscore könnte einen solchen Übergangsbereich genauer und realitätsnäher darstellen. Attia stellte 2021 in Rahmen seiner Habilitation einen solchen Score vor. Dieser beurteilt den Implantaterfolg, neben den klinischen und radiologischen Ergebnissen, auch anhand prothetischer Aspekte und Patientenzufriedenheit in einem Punktsystem von bis zu 18 Punkten.¹⁶³

4.1.3 Sekundärparameter

In dieser Studie wurde eine Vielzahl von Sekundärparametern erhoben. Ein Nachteil, der sich auf alle diese Parameter auswirkt, ist, dass diese nicht zum Zeitpunkt der Implantation erhoben bzw. dokumentiert wurden und somit kein Vergleich mit den in dieser Studie erhobenen Werten gemacht werden konnte. Die Ausnahme dabei ist die Erhebung des Knochenverlusts, weil nach jeder Implantation eine röntgenologische Kontrolle erfolgte und so ein Vergleichswert entstand.

Knochenverlust

Der Knochenverlust wurde radiologisch ermittelt. Es ist zu berücksichtigen, dass seit 2007 Röntgenbilder in der Abteilung für Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie digital gespeichert werden. Davor wurden nur konventionelle OPGs angefertigt. Diese mussten in Rahmen dieser Studie mittels eines geeigneten Scanners mit ausreichender Auflösung digitalisiert werden, bevor sie, wie die anderen Bilder, an einem Befundungsmonitor vermessen werden konnten. Im Vorgang des Scannens könnte es zu einem geringen Maß an Ungenauigkeiten gekommen sein. Eine weitere Limitation der Auswertung ist, dass die Röntgenbilder zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach der Implantation gemacht wurden. Es wurde zwar ein durchschnittlicher Knochenabbau pro Zeiteinheit berechnet, jedoch wäre dieser nur uneingeschränkt nutzbar, wenn der Knochenverlust linear verlaufen würde. Nyström *et al.* beschrieben, dass sich im Zeitraum vom 3. bis 10. Jahr nach Implantation das Knochenniveau nicht signifikant verändert ¹⁶⁴.

Bei der zweidimensionalen radiologischen Messung des Knochenniveau ist es nur möglich eine Messung im distalen und mesialen Bereich durchzuführen. Somit wird der dreidimensionale periimplantäre Knochenabbau auf zwei strichprobenhafte Messungen

reduziert. die nur eine Beurteilung der mesialen bzw. distalen Bereiche um das Implantat ausreichend zulassen ^{109, 165}. Eine genauere dreidimensionale Beurteilung der periimplantären Knochenverhältnisse wäre mithilfe einer digitalen Volumentomografie (DVT) möglich. Dies geht mit einer höheren Strahlenbelastung einher und hätte ebenfalls eine DVT-Aufnahme nach der Implantation zum Vergleich nötig gehabt. Da dies weder gefordert noch empfehlenswert war, wurde darauf verzichtet. Die Nutzung von zweidimensionalen radiologischen Verfahren, um das Knochenlevel ausgehend vom Referenzpunkt der Implantatschulter zu messen, wurde von Fuglsig *et al.* und Marchetti *et al.* beschrieben ^{138, 166} und so in dieser Studie angewendet.

Lockerungsgrad und Periotest®-Werte

Die Implantatstabilität ist ein indirekter Hinweis auf die Osseointegration des Implantats und ist ein Maß für die klinische Immobilität eines Implantats ⁵. Die Definition des Lockerungsgrad ist per se sehr subjektiv. Eine fühlbare horizontale Bewegung kann sich auf Grund von Handschuhdicken, Material oder körperlicher Verfassung des Behandlers deutlich unterscheiden. Deshalb wurde zusätzlich zum Lockerungsgrad auch die Implantatstabilität mit dem Periotest® Gerät gemessen. Für die erfolgten Messungen wurde die Suprakonstruktion der Implantate nicht entfernt, da dies den Aufwand deutlich erhöht hätte und vor allem bei zementierten Versorgungen zu Beschädigungen der Suprakonstruktionen führen könnte. Daraus resultiert, dass bei der Messung nicht nur die Verankerung des Implantates im Knochen, sondern zusätzlich der Implantat-Suprakonstruktionsverbund gemessen wurde. Dies führt dazu, dass eine alleinige Lockerung dieses Verbundes, einen erhöhten Messwert erzeugen kann. Deshalb wurde bei hohen Messwerten zuerst der Verbund überprüft und dann die Messung wiederholt. Im Umkehrschluss konnten Periotest®-Werte ≤ 0 eine gute Osseointegration des Implantats und einen festen Verbund zur Suprakonstruktion anzeigen. Eine weitere Problematik ist, dass im Falle von Brücken oder verblockten Kronen nur eine Aussage zur Verankerung der Gesamtkonstruktion und nicht über einzelne Implantate gemacht werden konnte. Cranin *et al.* bewerteten die Aussagekraft des Periotest® zur Messung der Stabilität eines Implantates als zuverlässig, jedoch können anhand der Werte keine Rückschlüsse auf den krestalen Knochenabbau oder den Zustand der Osseointegration gemacht werden ¹⁶⁷. Dies ist jedoch klinisch sehr relevant, da die Osseointegration die Grundlage für jedes erfolgreiche enossale Implantat ist ⁵. Buch *et al.* berichteten, dass die Periotest®-Messung im Vergleich zur normalen Lockerungsgradprüfung keinen zusätzlichen diagnostischen Mehrwert zur Beurteilung hat, ob ein Implantat locker sei oder nicht ¹⁰⁹.

Sondierungstiefe, Blutung bei Sondierung und Plaqueindex

Die Sondierungstiefe war ein weiterer Sekundärparameter. Die Messung wurde durch Sondierung des gingivalen Sulkus mit einer Sonde durchgeführt. Die Genauigkeit der Messung ist aufgrund der Gestaltung der Sonde nur in Millimeter-Intervallen genau, da die Sonde so konzipiert ist, dass sie in Millimeterschritten misst bzw. abgelesen werden kann. Eine weitere Schwierigkeit war, dass durch die Gestaltung der Suprakonstruktion mancher Implantate, ein genaues Messen teilweise schwierig bis nicht möglich war. So konnten bei sehr starker Trichter-Form der Krone, besonders im Molarbereich ein Erreichen bis zum Sulcusboden nicht immer gewährleistet werden. Dies kann dazu führen, dass die Taschentiefe niedriger gemessen wird, als diese in Wahrheit ist. Ebenso kann es bei bestimmtem Steg- oder Brückenkonstruktionen zu solchen erschwerten Messbedingungen kommen. Beim Vorhandensein von Konkrementen oder lokalen Entzündungen kann das Gewebe am Zahnfleischrand anschwellen und eine Pseudotasche bilden. Diese können dazu führen, dass eine höhere Taschentiefe gemessen wird, als tatsächlich vorliegt. Auch ist der Sondierungsdruck nicht immer identisch und kann von einer Vielzahl von Aspekten beeinflusst werden. Somit kann die Sondierungstiefe nicht immer als objektiv gewertet werden.⁸⁷ Coli *et al.* meinten, dass bei Implantaten eine Sondierungstiefe von mehr als 4 mm nicht für ein entzündliches Geschehen oder Knochenverlust stehen muss und somit zur Gefahr einer Überdiagnose von Periimplantitis führen kann³⁹.

Wenn bei der leichten Manipulation des Gewebes beim Sondieren der Taschen eine Blutung auftrat, wurde diese als Blutung bei Sondierung dokumentiert. Diese wird im Zusammenhang mit einer erhöhten gingivalen Taschentiefe als ein Indikator für ein entzündliches Geschehen betrachtet. Coli *et al.* argumentieren, dass eine Blutung bei Sondierung nicht unbedingt mit einer Periimplantitis oder generell mit einer Entzündung zusammen hängen muss, sondern auch als Teil der natürlichen Fremdkörperreaktion bei der Osseointegration auftreten kann³⁹.

Der Plaqueindex nach Mombelli ist ursprünglich für die Beurteilung von Plaque an natürlichen Zähnen konzipiert, Mombelli modifizierte diesen jedoch so, dass er auch zur Beurteilung von Implantaten anwendbar ist¹¹⁶. Der Plaqueindex dient zur Beurteilung der hygienischen Situation und lässt Rückschlüsse auf Defizite der mechanischen Zahnreinigung und Entzündungen zu. So kann der Plaqueindex zur Identifizierung von erschwert zu reinigenden Bereichen dienen und sich somit Handlungsempfehlungen für die Patienten ergeben.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

4.2.1 Primärparameter

Erfolg

Die Hauptfragestellung dieser Studie war die Höhe der Erfolgsrate der Implantate nach den von Buser vorgegebenen Kriterien. Die Hypothese war, dass mehr als 80% der Implantate unabhängig vom Untersuchungszeitpunkt als Erfolge gezählt werden können. Diese Hypothese konnte angenommen werden, da im augmentierten Bereich 91,2 % der 747 Nachuntersuchen Implantate die Kriterien von Buser erfüllten. Zwischen den Erfolgsraten der Implantate im augmentierten Bereich war kein auffälliger Unterschied zu den Implantaten im nativen Knochen zu beobachten. Dort wurde eine Erfolgsrate von 89,1% erreicht.

Daher werden diese Ergebnisse mit denen anderer Studien, die ebenfalls Implantate im mit Beckenkamm augmentierten Bereich gesetzt wurden, verglichen. In einer Übersichtsarbeit verglich Elnayef *et al.* die Erfolgsraten von 16 Studien, die durchschnittlich einen Erfolg von 93,4% erzielten⁵⁶. Dabei wurde weder berücksichtigt, welche Kriterien in den einzelnen Studien genutzt wurden, noch der Zeitpunkt der Untersuchung nach Implantation. Eine Erfolgsrate von 84,4% nach den Kriterien von Buser wurde von Weibrich *et al.* nach durchschnittlich 34,2 Monaten beschrieben⁸⁹. Attia *et al.* beschrieben eine Erfolgsrate nach Buser von 96,8% nach 10,25 Jahren bei Patienten mit Hypodontie. Bei diesen Patienten wurde im Falle einer zu ausgeprägten Knochenatrophie in dem Bereich der Nichtanlagen mit Beckenkammknochen augmentiert¹³⁹. Betrachtet man zusätzlich Studien, die die Erfolgskriterien von Buser nutzten, um Implantate im nativen Knochen zu beurteilen, zeigen sich ebenfalls vergleichbare Ergebnisse. Buch *et al.* beschrieben eine Erfolgsrate von 88% nach einer mittleren Liegedauer von 3,5 Jahren¹⁰⁹. Nach 10 Jahren durchschnittlicher Verweildauer beschrieben Ferrigno *et al.* eine Erfolgsrate nach Buser von 92,7% bei 1286 Implantaten¹⁶⁸. Somit ist die Erfolgsrate nach Buser innerhalb dieser Studie mit 91,2% mit denen von anderen Autoren vergleichbar.

Bei den Ergebnissen der Erfolgsrate nach Albrektsson zeigte sich in dieser Studie ein auffälliger Unterschied zugunsten der Gruppe der im nativen Knochen implantierten Implantate. Dies ist fast ausschließlich auf das Kriterium des Knochenverlustes in den Erfolgskriterien zurückzuführen. So waren 154 der 747 Implantate als Misserfolg gewertet. Bei 44 war der Grund Implantatverlust und bei 102 ein erhöhter vertikaler Knochenabbau. Im Vergleich dazu waren nur 3 der 129 der im nativen Knochen gesetzten Implantate Misserfolge aufgrund erhöhten vertikalen Knochenabbaus. Dieses

Ergebnis ist mit anderen Studien, die ebenfalls die Erfolgskriterien nach Albrektsson gebrauchen, zu vergleichen. Elo *et al.* berichten 97% Erfolg (178/184) bei Implantaten nach 36 bis 61 Monaten ¹³. Eine Erfolgsrate von 77% wurde von Weibrich *et al.* nach durchschnittlich 34,2 Monaten beschrieben ⁸⁹. Beck *et al.* berichteten einen Erfolg nach Albrektsson von 58% bei 72 Implantaten nach durchschnittlich 5,8 Jahren ¹⁶⁹.

Im Remodeling Prozess wird ein gewisser Rückgang in der Knochenhöhe erwartet ⁶⁰. Daher stellten Papaspyridakos *et al.* die 2 mm im ersten Jahr gefolgt von dem jährlichen Abbau von 0,2 mm als Grenze aufgrund des periimplantären Remodelings in Frage ¹¹⁰. Die Erfolgskriterien von Albrektsson sind für dentale Implantate, generell jedoch ohne Berücksichtigung für Implantate im augmentierten Knochen, entstanden. Jedoch nutzen auch Robiony *et al.* in ihrer Studie die Albrektsson Kriterien und erzielten 91,5% Erfolg bei 44 von 47 Implantaten im Beckenkamm nach 5 Jahren ¹⁷⁰. Somit ist die Erfolgsrate nach Albrektsson innerhalb dieser Studie mit 79,4% mit denen von anderen Autoren vergleichbar.

Naert & Snauwaert

Die Erfolgsrate nach den Kriterien von Naert ¹⁰⁷ und Snauwaert ¹⁰⁸ innerhalb dieser Studie betrug 88,8% im augmentierten Bereich. Dies war im Vergleich zur Erfolgsrate der Implantate im nativen Bereich leicht höher, da hier 86% als Erfolg gewertet werden konnten. Statistisch war kein auffälliger Unterschied zu beobachten.

Aktuell konnten in der Literatur nur Ergebnisse von Erfolgsraten nach Naert ¹⁰⁷ & Snauwaert ¹⁰⁸ von Implantaten im nativen Bereich gefunden werden. Bei der Erstbeschreibung der Kriterien von Naert *et al.* wurden 96,5% der 114 Implantate im Oberkiefer und 96,3% der 87 Implantate im Unterkiefer bei einer Nachbeobachtungszeit von bis zu 6 Jahren als Erfolg gewertet. Nach durchschnittlich 5,1 Jahren Verweildauer beschrieben Snauwaert *et al.* bei 4661 Implantaten eine Erfolgsrate von 94,1% beim Zusammenfassen und Nutzen der von Naert beschriebenen Kriterien ¹⁰⁸. Buch *et al.* beschrieben, dass laut Naert-Kriterien 89% der 508 nachuntersuchten Implantate als vollständiger Implantaterfolg nach einer mittleren Liegedauer von 3,5 Jahren zu werten waren ¹⁰⁹. Somit ist die Erfolgsrate in dieser Studie mit 88,8% unter dem erwarteten Bereich. Dabei nicht zu vernachlässigen ist, dass bei dieser Studie im Vergleich zur beschriebenen Literatur Implantate durchschnittlich eine fast doppelt so lange Verweildauer hatten.

Überleben

Die Überlebensrate, der in dieser Studie nachuntersuchten Implantate, beträgt 94,1% nach einer Verweildauer von durchschnittlich 113,3 Monaten im Kieferknochen. Die mittlere Überlebenszeit wird auf 179,6 Monate geschätzt. Eine mediane Überlebenszeit kann nicht ermittelt werden, da zum Nachuntersuchungszeitpunkt nicht bei mindestens 50% der Implantate das Ereignis „Explantation“ stattgefunden hat. Die 5-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit beträgt 95,9%. Die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit belaufen sich auf 93,7% und die 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit auf 92,3%.

Daher werden diese Ergebnisse der Überlebenszeit nur mit Studien verglichen, bei denen Implantate in einen zuvor mit Beckenkamm augmentierten Bereich gesetzt wurden. In der Literatur gibt es Angaben, die sich je nach Anzahl der Implantate und Nachuntersuchungszeitpunkt im Bereich von über 80% bewegen. Marchetti *et al.*, Felice *et al.* und Bianchi *et al.* geben eine Überlebensrate von 100% nach jeweils 14, 18 und 26 Monaten an^{166, 171, 172}. Dabei wurden zwischen 21 und 43 Implantate nachuntersucht. In einer Studie von Beck *et al.* wurde ein Implantatüberleben von 91,7% bei 72 Implantaten nach durchschnittlich 5,8 Jahren beschrieben¹⁶⁹. Sbordone *et al.* beschrieben ein Überleben von 100% nach 6 Jahren bei 67 Implantaten¹⁷³. So auch Verhoeven *et al.* mit 30 Implantaten mit 100% Überleben nach 10 Jahren³². Nyström *et al.* berichteten hingegen von einer Überlebensrate von 72,8% von 177 Implantaten nach 10 Jahren¹⁶⁴. Van der Meij *et al.* beschrieben eine Überlebensrate von 88,2%, 30 von 34 Implantaten wurden nach durchschnittlich 4,7 Jahren als Erfolg gewertet⁸³. Robiony *et al.* berichteten von einer Überlebensrate von 97,9% bei 47 Implantaten nach 5 Jahren¹⁷⁰. Ein Überleben von 95,9% bei 266 Implantaten nach bis zu 96 Monaten wurde von Jos beschrieben¹⁴⁰. Weibrich *et al.* beschrieben 95,9% Überleben bei 113 Implantaten nach 24 bis 84 Monaten⁸⁹. Pelo *et al.* beschrieben ein Überleben von 93,6% bei 141 Implantaten nach 4 Jahren. Dabei unterteilten sie die Überlebensrate nach Frontzahnbereich (96%) und Molarbereich (91%), der Unterschied war dabei nicht statistisch signifikant¹⁷⁴. Geckili *et al.* meinten nach der Untersuchung von 616 Patienten, dass generell Implantate im Oberkiefer und kurze Implantate eine geringere Überlebensrate haben¹⁰. Sethi *et al.* meinten, dass sich das Überleben unabhängig von der Stelle im Kiefer, die augmentiert wird, nicht statistisch signifikant unterscheidet⁷⁸.

In dieser Studie wurden die Augmentationen mit Beckenkamm nachuntersucht. Eine andere Entnahmekategorie stellten intraorale Knochenlager wie zum Beispiel der aufsteigende Ast der Mandibula dar. Aloy-Prósper *et al.* verglichen in einer systematischen Übersichtsarbeit das Überleben von Implantaten im mit intraoralen

Knochen augmentierten Bereichen. Dabei wurde eine vertikale von einer horizontalen Augmentation unterschieden. Bei der vertikalen Augmentation ergaben sich Überlebensraten zwischen 89,5% bis 100% und bei der horizontalen Augmentation 96,9% bis 100% ⁵⁸. So bewegten sich Überlebensraten von Beckenkamm oder intraoralem Knochen mit werten zwischen 90% und 100% in vergleichbaren Bereichen.

Eine weitere extraorale Knochenquelle stellt die Fibula dar. Ardisson *et al.* beschrieben in einer Übersichtsarbeit, dass in verschiedenen Studien eine Gesamtzahl von 910 Implantaten ein durchschnittliches Überleben von 92,6% nach 40 Monaten hatten. Die Überlebensraten variierten im Bereich von 82% bis 100% ¹⁷⁵. Attia *et al.* beschrieben Überlebensraten von 79,3% nach 10 Jahren im mit Fibula augmentierten Bereich ¹⁷⁶. Visser *et al.* beschrieben ein Überleben von 88,7% bei 80 Implantaten nach 15 Jahren ¹⁷⁷.

Vergleicht man die bisher genannten Ergebnisse mit einer Studie, die Implantate ohne Augmentation nach 9-15 Jahren untersuchte und ein Überleben von 82,6% bei 376 Patienten und 1095 Implantaten beschrieb zeigt sich eine Überlebensrate, die sich in denselben Bereich bewegt ⁹⁰. Die im Rahmen dieser Studie mituntersuchten Implantate im nativen Knochen hatten eine Überlebensrate von 91,5%, d.h. ebenfalls ein vergleichbar gutes Ergebnis wie für die Implantate im mit Beckenkamm augmentierten Bereich. Die Überlebensrate der Implantate im augmentierten Bereich war höher, aber statistisch nicht signifikant, im Vergleich zu Implantaten im nativen Knochen. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von Beck *et al.*, die zwar Implantate im augmentierten Bereich mit höheren Implantatverlusten hatten, jedoch war dies ebenfalls nicht statistisch signifikant ¹⁶⁹.

4.2.2 Sekundärparameter

Knochenabbau

Der krestale Knochenabbau im augmentierten Bereich betrug mesial und distal durchschnittlich 2,16 mm nach 113,3 Monaten. Im nativen Bereich lag der Abbau bei durchschnittlich 1,43 mm. Zwischen den Gruppen war ein statistisch auffälliger Unterschied zu beobachten. Auch bei getrennter Betrachtung der mesialen und distalen Werte zeigte sich jeweils ein auffälliger Unterschied, bei dem die Werte im distalen Bereich höher waren. Im augmentierten Bereich wurde der Knochenabbau sowohl mesial als auch distal höher gemessen. In der Literatur gibt es mehrere Studien, die sich mit dem Knochenabbau von autologen Transplantaten beschäftigen. Es herrscht ein allgemeiner Konsens, dass Transplantate im Rahmen der Einheilung und darüber hinaus im Rahmen des Remodeling an Volumen verlieren ⁹. So beschreiben Vermeeren

et al. und Sbordone *et al.* eine Resorptionsrate des Transplantatvolumens von 44% bis 50% nach 5 Jahren^{173, 178}. Nach bereits 18 Monaten wurde ein Knochenabbau von durchschnittlich 2,75 mm von Felice *et al.* beschrieben. Weibrich *et al.* beschrieben, dass bei 95% der nachuntersuchten Implantate im Beckenkamm der marginale Knochenverlust nach durchschnittliche 334,2 Monaten unter 4 mm war⁸⁹. Robiony *et al.* beschrieben einen periimplantären Knochenabbau von 1,51 mm nach 5 Jahren¹⁷⁰. Beck *et al.* beschrieben einen marginalen Knochenverlust von 2,95 mm nach durchschnittlich 5,8 Jahren bei Implantaten, die im mit Beckenkamm augmentierten Bereich gesetzt wurden¹⁶⁹. Fuglsig *et al.* beschrieben einen durchschnittlichen Knochenabbau von 2,7 mm nach 4 bis 6 Jahren und 4,2 mm nach 11 bis 12 Jahren. Nyström *et al.* beobachtete einen marginalen Knochenverlust von 4,6 mm nach 3 Jahren. Zudem beschrieben sie, dass sich der Knochenverlust im 3. bis 10. Jahr der Nachbeobachtung nicht signifikant veränderte¹⁶⁴. Ob dies auch bei dem Knochenabbau dieser Studie zutrifft, ließ sich aufgrund der fehlenden Beobachtungszeit unter 5 Jahren nicht bestätigen. Die Ergebnisse des durchschnittlichen Knochenabbaus dieser Studie sind mit denen anderer Studien vergleichbar.

Lockerungsgrad und Periotest®

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurde bei keinem Implantat eine Lockerung nachgewiesen. Der durchschnittliche Periotest®-Wert lag bei -2,05. Bei 79,5% der Implantate im augmentierten Bereich wurden Werte zwischen -8 und 0 gemessen. Da Werte von -8 bis 0 laut Hersteller als gute Osseointegration angesehen werden, ist dies als gutes Ergebnis zu beurteilen. Attia *et al.* beschrieben, dass bei 78,7% der Implantate Werte einem Bereich gemessen wurden, welche mit den Werten dieser Studie vergleichbar sind¹³⁹. Werte zwischen 0 und 10 wurden bei 20,5% der Implantate gemessen. Implantate mit Werten in diesem Bereich sollen laut Hersteller klinisch untersucht werden. Wie von Buch *et al.* beschrieben, führt die Auswertung der Periotest®-Werte nicht zum Nachweis sonst unerkant gebliebener Implantatlockerungen¹⁰⁹. Diese Aussage konnte bestätigt werden, da auch bei der nachträglichen klinischen Untersuchung keine Lockerungen feststellen werden konnten.

Sondierungstiefe, Blutung bei Sondierung und Plaque Index

Die durchschnittliche maximale Sondierungstiefe betrug im augmentierten Bereich 3,48 mm. Zu der Gruppe der Implantate im nativen Knochen war kein statistisch auffälliger Unterschied zu beobachten. Dies ist überraschend, da der Knochenabbau im augmentierten Bereich auffällig höher gemessen wurde. Bei 134 Implantaten im augmentierten Bereich wurden Werte über 4 mm Taschentiefe gemessen, was 19% der Implantate entspricht. Sondierungstiefen über einen Wert von 4 mm werden als

pathologisch und Anhalt für ein entzündliches Geschehen wie Periimplantitis gewertet^{121, 122}. Wie bereits erwähnt, können durch das Messen von Pseudotaschen und durch die Gestaltung der Suprakonstruktion die Werte der Messungen verfälscht werden. Attia *et al.* beschrieben, dass 84,1 % der Implantate der Patienten Sondierungstiefen unter 4 mm aufwiesen¹³⁹. In einer prospektiven Studie von Van Velzen *et al.* wurde eine durchschnittlich Sondierungstiefe von 3,7 mm nach 10 Jahren beschrieben¹⁷⁹. In einer Metaanalyse von Muñoz *et al.* mit 7849 Implantaten wurde bei 11% Werte über 4 mm beschrieben¹⁸⁰. Somit scheinen diese Werte mit denen dieser Arbeit übereinzustimmen.

Beim Durchführen der Taschentiefenmessung kam es bei 21% der Implantate im augmentierten Bereich zu einer Blutung. In nativen Bereich geschah dies bei 19,5%. Zwischen den Gruppen war kein auffälliger Unterschied zu beobachten. Bei Vorfinden einer Taschentiefe von mehr als 4 mm und Blutung bei Sondierung wurde der Verdacht auf eine Periimplantitis gestellt. Die Diagnose wurde anschließend radiologisch überprüft und konnte für 20 Implantate bestätigt werden, was 2,5% der Gesamtanzahl der Implantate entspricht. In der Metaanalyse von Muñoz *et al.* beschreiben die Autoren bei insgesamt 7849 untersuchten Implantaten eine Blutung bei Sondierung Rate von 17%¹⁸⁰.

Für alle Implantate wurde der modifizierte Plaqueindex nach Mombelli erhoben. Bei 42,5% der Implantate im augmentierten Bereich war keine Plaque zu erkennen. Bei 44,9% wurde Plaque durch Sondierung sichtbar. Bei 87,4% der Implantate wurde Grad 0 oder 1 gemessen. Sichtbare oder massive Plaque (Grad 2 oder 3) waren bei insgesamt 12,7% zu beobachten. Dies lässt auf eine mehrheitlich gute Zahnhygiene der Patienten schließen. Zwischen diesen Ergebnissen und den zusätzlich erhobenen Werten bei den nativen Implantaten ist kein auffälliger Unterschied zu beobachten. Vergleichsweise gute Werte beschrieben auch Buch *et al.* mit 81% der Patienten mit Plaque Grad 0 oder 1¹⁰⁹. Attia *et al.* verwendeten den Index bei zwei Studien mit Implantaten und beschrieben 75,2% und 75,3% der Implantate mit einem Plaqueindex von 0 oder 1^{64, 139}. Diese Daten liegen unterhalb der in dieser Studie gemessenen Werte.

Keratinisierte Gingiva

Das Vorliegen von keratinisierter Schleimhaut um die Implantate konnte bei 92,2% der Implantate im augmentierten Bereich festgestellt werden. Bei den ebenfalls untersuchten Implantaten im nativen Bereich konnte keratinisierte Schleimhaut bei 89% nachgewiesen werden. Keratinisierte Schleimhaut steht laut Literatur in Zusammenhang

mit einem gesunden Gewebeverhältnis^{152, 153}. Somit ist das Ergebnis dieser Studie als sehr positiv zu beurteilen.

4.2.3 Zusätzliche Parameter

Bewertung der Patienten

Bei der Beantwortung des Fragebogens zeigt sich ein Nachteil von retrospektiven Studien, denn die Patienten waren auf ihr Erinnerungsvermögen angewiesen, um ihre Zufriedenheit in verschiedenen Aspekten zu benoten. Dieser Recall Bias (Erinnerungsbias) zeigt sich als falsche Erinnerung der Teilnehmer und kann zu Veränderung und oder Verzerrung der Ergebnisse, in diesem Fall in Form von Schulnoten, führen.¹⁵⁹ Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gaben 91,7% der Patient*Innen an keine Beschwerden zu haben. Bei den Übrigen 8,3% gingen ein Großteil auf Zahnfleischbeschwerden zurück. Sprechvermögen, Kauvermögen und die allgemeine Zufriedenheit wurden von etwa 90% als „gut“ oder „sehr gut“ benotet. Die Zufriedenheit mit dem OP-Erfolg wurde von 85,8% als „gut“ oder „sehr gut“ benotet. Der häufigste angegebene Grund für Unzufriedenheit war der starke und langanhaltende postoperative Schmerz an der Entnahmestelle des Knochens. Die Ästhetik des Zahnersatzes wurde von 79,6 % als „gut“ oder „sehr gut“ bewertet. Insgesamt ist von einer sehr hohen Zufriedenheit auf Seiten der Patienten zu berichten, die sich in den Erfolgskriterien, die nur eine Abfrage nach Schmerzen beinhalten, nicht adäquat darstellen lässt.

Rauchverhalten

78% gaben an Nichtraucher zu sein. Vergleicht man das Überleben von Rauchern und Nichtrauchern ist laut Literatur mit zunehmender Zahl an Zigaretten pro Tag auch ein erhöhtes Risiko an Implantatversagen zu erwarten^{97, 98, 181}. In dieser Studie war der Unterschied des Implantatversagens zwischen Rauchern und Nichtrauchern statistisch nicht signifikant.

Suprakonstruktion und Reparaturen

Etwa die Hälfte der Implantate (47,1%) war zur Befestigung von herausnehmbaren Prothesen verwendet worden. Die andere Hälfte diente zur Verankerung von Einzelzahnkronen, Brücken oder verblockten Kronen als festsitzenden Zahnersatz. Rund 80% der Suprakonstruktionen mussten seit Zeitpunkt der Implantation nicht repariert oder erneuert werden. Dies ist in Anbetracht der Verweildauer der Implantate von mindestens 5 Jahren und eines Durchschnittsalters der Implantate von 113,3 Monaten als durchaus beeindruckend zu beurteilen.

Zahnhygiene

Die Zahnputzfrequenz, welche erfragt wurde, um eine Einschätzung der häuslichen Zahnhygiene zu bekommen, unterlag wahrscheinlich einem „Social Bias“. Kein Patient gab an, seine Zähne weniger als einmal täglich zu putzen, und nur 12,1 % gaben an, die Zähne nur einmal täglich zu putzen. Die restlichen 87,9% gaben an, die Zähne öfters als einmal täglich zu putzen. Der geringe gemessene Plaqueindex stimmt mit diesen Werten überein, jedoch ist dabei eine Verzerrung zur höheren Anzahl wahrscheinlich auf Grund sozialer Erwünschtheit zu erwarten. Zur Optimierung der Zahnpflege wird eine regelmäßige PZR empfohlen¹⁰⁰. 15,9% der Patienten gaben an nie eine PZR durchführen zu lassen. Die Durchführung einer PZR alle 2 Jahre gaben 3,8% an und der Rest gab an mindesten einmal pro Jahr eine durchführen zu lassen. Ob dies zu einem erhöhten Risiko für Periimplantitis führt, konnte in dieser Arbeit nicht ermittelt werden.

4.3 Schlussfolgerung

Das Hauptaugenmerk dieser retrospektiven Analyse lag auf der Feststellung der Wirksamkeit der Verwendung von Beckenkammtransplantaten zur Rekonstruktion von atrophierten Kieferknochen, bei denen extraorale Transplantatquellen erforderlich waren. Diese Augmentationen sollen das Setzen von dentalen Implantaten an optimierte Bereiche des Kiefers ermöglichen. Ziel dieser Studie war es, die Qualität dieser Implantate nach einem Zeitraum von mehr als 5 Jahren *in situ* zu überprüfen. Dazu wurde die Überlebensrate der Implantate erhoben. Zur besseren Beurteilung der Qualität des Langzeiterfolgs wurden die Erfolgskriterien nach Buser, Albrektsson und Naert¹⁰⁷ & Snauwaert¹⁰⁸ verwendet. Im Rahmen der Studie wurden 132 Patienten nachuntersucht. Es wurden 747 Implantate berücksichtigt, bei denen zuvor oder simultan eine Knochenaugmentation mit autologem Beckenkammknochen durchgeführt wurde. Zusätzlich wurden im gleichen Patientenkollektiv noch 129 Implantate, welche ohne vorherige Augmentation im gleichen Zeitraum gesetzt wurden, miterfasst.

Die 747 Implantate zeigten nach durchschnittlich 113,3 Monaten *in situ* ein Überleben von 94,1%. 44 Implantate wurden zwischen dem Zeitpunkt der Implantation und der Nachuntersuchung entfernt. Dies ist im Vergleich zur vorhandenen Literatur als sehr gut anzusehen. Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier-Schätzer wurde auf 179,6 Monaten geschätzt. Die Erfolgsraten nach Buser, Albrektsson und Naert & Snauwaert waren respektiv 91,2%, 79,4% und 88,8%. Damit kann die Hypothese, dass „Nach den Kriterien von Buser werden die meisten (mehr als 80%) Implantate in Beckenkammtransplantaten auch nach mindestens fünf Jahren einen Erfolg darstellen“ angenommen werden. Dies bestätigt die in der Literatur berichtete Ansicht, dass Augmentationsverfahren mit autologem Beckenkammknochen ein

zuverlässiges Mittel ist, um bei vertikalen und/oder horizontalen Knochendefekten ein ausreichendes Knochenangebot für eine Implantatinserktion zu erhalten ¹². Autologe Knochenaugmentationsverfahren haben jedoch den Nachteil, dass eine Knochenentnahme an anderer Stelle erfolgen muss. Dies kann das Risiko von Komplikationen erhöhen. Daher empfiehlt es sich, wie schon von Visser *et al.* beschrieben, auf Grund des höheren Aufwandes und möglicher Komplikationen zuerst Implantate in nativen Knochen zu setzen und nur, wenn dies nicht möglich ist, den Knochen zu augmentieren ¹⁷⁷.

Die unterschiedlichen Erfolgsraten der drei verwendeten Erfolgskriterien zeigen, dass die Definition für ein erfolgreiches Implantat noch nicht zufriedenstellend genau erfolgt ist. Alle Erfolgskriterien berücksichtigen bei Beurteilung des Zustandes des Implantates anhand ähnlicher Kriterien vernachlässigen jedoch das umliegende periimplantäre Gewebe, welches nicht umfassend erfasst wird und vernachlässigen Faktoren wie die Patientenzufriedenheit. Die Entwicklung eines Erfolgsscores für dentale Implantate wie von Buch *et al.* ¹⁰⁹ bereits gefordert und sollte unterstützt werden, wenn dieser diese Lücken zu schließen imstande ist. Des Weiteren wäre es von Vorteil, wenn sich international auf eine Übereinkunft für Implantaterfolg geeinigt werden könnte, da dadurch internationale Vergleiche der Studienergebnisse einfacher und vergleichbarer wären.

5. Zusammenfassungen

5.1 Zusammenfassung

Die Ziele dieser retrospektiven deskriptiven Studie waren, die Überlebens- und Erfolgsrate von dentalen Implantaten, die in einen vorher mit Beckenkammknochen augmentierten Bereich gesetzt wurden, zu ermitteln. Dazu wurden die Implantate klinisch und radiologisch untersucht, sowie die Patienten mit einem Fragebogen befragt. Das Interesse galt besonders den Langzeitergebnissen. Dafür wurde ein Zeitraum von mindestens 5 Jahren nach Implantation festgelegt. Die Augmentation konnte sowohl zeitgleich als auch vor der Implantation stattgefunden haben. Zur Ermittlung der Erfolgsrate wurden die Erfolgskriterien von Buser, Albrektsson und Naert & Snauwaert genutzt. Zusätzlich wurde der zweidimensionale radiologische periimplantäre Knochenabbau seit Implantation ermittelt.

Im Rahmen dieser Studie wurden 132 Patienten nachuntersucht. Dies entspricht 69% der für die Studie infrage kommenden Patienten. Es nahmen 82 Frauen und 50 Männer an dieser Studie teil. Das Alter der Patienten lag zwischen 24 und 90 Jahren mit einem Durchschnitt von 57,96 Jahren.

Die in die Studie eingeschlossenen 747 Implantate hatten eine Verweildauer von 60 bis 189 Monaten mit einem Durchschnitt von 113 Monaten. In dem Patientenkollektiv kam es zu 44 Implantatverlusten und 703 Implantate konnten nachuntersucht werden. Somit konnte eine Überlebensrate der Implantate von 94,1% ermittelt werden. Die 44 Implantatverluste wurden bei den drei Erfolgskriterien als Misserfolg gewertet. Die Erfolgsraten betrugen nach Buser 91,2%, nach Albrektsson 79,4% und nach Naert & Snauwaert 88,8%. Die angewendeten Erfolgskriterien ergaben unterschiedliche Erfolgsraten. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Albrektsson-Kriterien durch die strenge Beurteilung des krestalen Knochenabbaus früher zur Wertung eines Misserfolges führen als die anderen Kriterien. Der durchschnittliche Knochenabbau betrug 2,16 mm nach durchschnittlich 113 Monaten.

Bei diesen nachweislich guten Überlebens- und Erfolgsraten kann eine Augmentation mit Beckenkammknochen als adäquates Verfahren zur Vergrößerung des Knochenangebotes vor dem Setzen von dentalen Implantaten angesehen werden. Die Hypothese, dass über 80% der Implantate einen Erfolg nach den Kriterien von Buser entsprechen, konnte angenommen werden. Das Vorliegen der unterschiedlichen Ergebnisse der Erfolgskriterien lässt auf die Notwendigkeit einer Verbesserung der Kriterien zum Beispiel eines Erfolgs-Scores und der Vereinheitlichung zu international standardisierten Erfolgskriterien schließen.

5.2 Summary

The aims of this retrospective descriptive study were to determine the survival and success rates of dental implants placed in an area previously augmented with iliac crest bone. For this purpose, the implants were examined clinically and radiologically, and the patients were questioned with a questionnaire. Of particular interest were the long-term results. A period of at least 5 years after implantation was set for this. The augmentation could have taken place at the same time or before the implantation. The success criteria of Buser, Albrektsson and Naert & Snauwaert were used to determine the success rates. In addition, the two-dimensional radiological peri-implant bone loss since implantation was determined.

As part of this study, 132 patients were followed up. This corresponds to 69% of the patients eligible for the study. 82 women and 50 men participated in this study. The age of the patients ranged from 24 to 90 years with a mean of 57.96 years.

The 747 implants included in the study had a residence time of 60 to 189 months with a mean of 113 months. In the patient group, 44 implants were lost and 703 implants could be examined. Thus, an implant survival rate of 94.1% could be determined. The 44 implants were rated as failures for the three success criteria. The success rate according to Buser was 91.2%, according to Albrektsson 79.4% and according to Naert & Snauwaert 88.8%. The applied success criteria resulted in different success rates. This is probably due to the fact that the Albrektsson criteria, due to the strict assessment of crestal bone resorption, led to the assessment of a failure earlier than the other criteria. The average bone loss was 2.16 mm after an average of 113 months.

With these demonstrably good survival and success rates, augmentation with iliac crest bone can be regarded as an adequate procedure for increasing the amount of bone available before dental implants are placed. The hypothesis that more than 80% of the implants correspond to a success according to Busers criteria could be accepted. The existence of the different results of the success criteria suggests the need to improve the criteria, for example a success score, and to standardize an internationally success criteria.

6. Verzeichnisse

6.1 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	Beziehungsweise
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
KEM	Knochenersatzmaterialien
mm	Millimeter
N	Gesamtanzahl
OPG	Orthopantomogramm
PZR	Professionelle Zahnreinigung
PLI	Plaqueindex
L	Implantatlänge
D	Implantatdurchmesser
J	Jahre

6.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Entnahme eines Blocktransplantats aus dem vorderen Beckenkamm. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	12
Abbildung 2 Längenmessung der Implantate zur Kalibrierung der Messungen. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen	33
Abbildung 3 Messung der Implantatschulter zum krestalen Knochenrand. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	34
Abbildung 4 Fallbeispiel des zuvor beschriebenen Patienten. Fotografie des Ausgangsbefunds des Unter- (A) und Oberkiefers (B). Beide Kiefer sind zahnlos und eine ausgeprägte Atrophie des Kieferknochens ersichtlich. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.....	38
Abbildung 5 Intraoperative Situation des Oberkiefers nach Freilegung des Knochens mit partieller Knochenatrophie. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	38
Abbildung 6 Intraoperative Situation des Knochenaufbaus im Ober- (A) und Unterkiefer (B) mit Beckenkammtransplantaten, die mit Osteosyntheseschrauben fixiert wurden. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	39
Abbildung 7 Zustand des Ober- (A) und Unterkiefers (B) nach der Einheilungsphase der Knochentransplantate. Keine sichtbaren Entzündungszeichen im Bereich der freiliegenden Osteosyntheseschrauben im Unterkiefer. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.....	39
Abbildung 8 Intraoperative Situation nach Implantation im Ober- (A) und Unterkiefer (B). Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	40
Abbildung 9 OPG nach prothetischer Versorgung ein Jahr nach Implantation. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	40
Abbildung 10 Eingehelte Implantate mit Suprakonstruktionen im Ober- und Unterkiefer (A-C) ein Jahr nach Implantation. Klinischer Fall der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universitätsklinikum Gießen.	41
Abbildung 11: Alter der nachuntersuchten Implantate im nativen Knochen.....	46
Abbildung 12 Alter der nachuntersuchten Implantate im augmentierten Bereich	47
Abbildung 13 Implantatposition in Relation zum Augmentationsgebiet: Nativer Knochen	50
Abbildung 14 Implantatposition in Relation zum Augmentationsgebiet: Augmentierter Bereich.....	51
Abbildung 15 Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier der Implantate im nativen Bereich	54
Abbildung 16 Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier der Implantate im augmentierten Bereich.....	55
Abbildung 17 Überlebensfunktion nach Kaplan-Meier, Vergleich nativer (blau) vs. augmentierter (grün) Implantationsbereich	56
Abbildung 18 Vergleich der Überlebensrate nach Kaplan-Meier verschiedener Implantatsysteme im nativen und augmentierten Bereich.....	59
Abbildung 19 Vergleich der Überlebensrate der Implantate bezogen auf das Geschlecht der Patienten (weiblich: blau; männlich: grün).....	60
Abbildung 20 Vergleich der Überlebensrate der Implantate in Bezug auf den täglichen Zigarettenkonsum der Patienten.....	61
Abbildung 21 Erfolgswahrscheinlichkeit der Implantate nach <i>Buser</i>	63
Abbildung 22 Erfolgswahrscheinlichkeit der Implantate nach <i>Albrektsson</i>	65
Abbildung 23 Erfolgswahrscheinlichkeit der Implantate nach <i>Snauwaert</i> und <i>Naert</i> ...	67

Abbildung 24 Vergleich des Auftretens von Blutungen bei Sondierung der Implantate zwischen nativem Knochen und augmentierten Bereich.....	71
Abbildung 25 Knochenabbau im augmentierten und nativen Bereich in mm.....	73
Abbildung 26 Knochenabbau im augmentierten und nativen Bereich innerhalb beider Geschlechter in mm	74
Abbildung 27 Bewertung der Kaufunktion anhand von Schulnoten.....	77
Abbildung 28 Bewertung des Sprechvermögens anhand von Schulnoten	78
Abbildung 29 Bewertung der Ästhetik anhand von Schulnoten.....	79
Abbildung 30 Bewertung der Operation anhand von Schulnoten.....	80
Abbildung 31 Bewertung der allgemeinen Zufriedenheit mit dem Zahnersatz anhand von Schulnoten	81
Abbildung 32 Darstellung der täglichen Zahnputzfrequenz pro Tag.....	82
Abbildung 33 Darstellung der PZR-Frequenz pro Jahr	83

6.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Einteilung und Bedeutung der Periotest®-Werte laut Hersteller	31
Tabelle 2: Überblick über das gesamte und nachuntersuchte Patientenkollektiv, bei welchem eine Augmentation und Implantation durchgeführt wurde	42
Tabelle 3: Zeitliche Verteilung der Implantationszeitpunkte nach Jahren	43
Tabelle 4: Verteilung von Alter und Geschlecht der untersuchten Patienten zum Implantationszeitpunkt.....	43
Tabelle 5: Deskriptive Statistik des Patientenalters beider Geschlechter zum Implantationszeitpunkt.....	44
Tabelle 6: Verteilung von Alter und Geschlecht zum Untersuchungszeitpunkt.....	44
Tabelle 7: Deskriptive Statistik des Patientenalters beider Geschlechter zum Untersuchungszeitpunkt	45
Tabelle 8: Geschlechterverteilung der Studienteilnehmer.....	45
Tabelle 9: Verteilung der Implantate nach Geschlecht und Implantationsgebiet	45
Tabelle 10: Deskriptive Statistik des Implantatalters beider Geschlechter zum Untersuchungszeitpunkt in Monaten.....	47
Tabelle 11: Verteilung der Implantate anhand der Augmentationsverfahren.....	48
Tabelle 12: Verteilung der Implantatpositionen	49
Tabelle 13: Verteilung der Implantatpositionen zwischen Front- und Seitenzahnbereich sowie in Ober- und Unterkiefer	52
Tabelle 14: Verteilung der Implantate nach verwendeten Implantationssystem	52
Tabelle 15: Verteilung der explantierten und nachuntersuchten Implantate	53
Tabelle 16: Verteilung der Ursachen des Implantatverlusts	57
Tabelle 17: Verteilung der Überlebensrate nach Augmentationsverfahren	57
Tabelle 18: Vergleich der Überlebensrate verschiedener Implantatsysteme im nativen und augmentierten Bereich	58
Tabelle 19: Gesamtzahl der Implantate (nachuntersuchte und explantierte Implantate)	62
Tabelle 20: Übersicht der Erfolge und Misserfolge nach Buser.....	62
Tabelle 21: Übersicht der Erfolge und Misserfolge nach <i>Albrektsson</i> ¹¹⁶	64
Tabelle 22: Übersicht der Erfolge und Misserfolge nach <i>Naert</i> und <i>Snauwaert</i>	66
Tabelle 23: Verteilung der prothetischen Versorgung der Implantate.....	68
Tabelle 24: Häufigkeit der Reparaturen der prothetischen Versorgung.....	69
Tabelle 25: Verteilung des modifizierten Plaqueindex nach <i>Mombelli</i>	69
Tabelle 26: Verteilung des höchsten Sondierungswerts pro Implantat.....	70
Tabelle 27: Verteilung der Periotest®-Werte	71
Tabelle 28: Vorkommen von keratinisierter Gingiva.....	72
Tabelle 29: Verteilung des krestalen Knochenverlusts.....	72
Tabelle 30: Deskriptive Statistik des krestalen Knochenverlusts in mm	73
Tabelle 31: Rauchverhalten der nachuntersuchten Patienten.....	75
Tabelle 32: Beschwerden der Patienten seit Implantation	76
Tabelle 33: Schulnotenverteilung zum Thema Kaufunktion	77
Tabelle 34: Schulnotenverteilung zum Thema Sprechvermögen	78
Tabelle 35: Schulnotenverteilung zum Thema Ästhetik	79
Tabelle 36: Schulnotenverteilung zum Thema Zufriedenheit mit den Operationen	80
Tabelle 37: Schulnotenverteilung zum Thema allgemeine Zufriedenheit	81
Tabelle 38: Häufigkeit der häuslichen Zahnpflege pro Tag	82
Tabelle 39: Häufigkeit der professionellen Zahnreinigungen pro Jahr.....	83
Tabelle 40: Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse	84

7. Literatur

1. Pasqualini U, Pasqualini ME. *Treatise of implant dentistry: The italian tribute to modern implantology*. Carimate: Ariesdue; 2009.
2. Schwenzer N, Ehrenfeld M, Eckelt U. *Zahnärztliche Chirurgie*. 5., unveränderte Auflage. Stuttgart, Deutschland: Thieme; 2019. ZMK-Heilkunde; Bd. 3.
3. Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O et al. *Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period*. Scand J Plast Reconstr Surg Suppl 1977; 16:1–132.
4. Albrektsson T, Johansson C. *Osteoinduction, osteoconduction and osseointegration*. Eur Spine J 2001; 10 Suppl 2:S96-101.
5. Parithimarkalaignan S, Padmanabhan TV. *Osseointegration: an update*. J Indian Prosthodont Soc 2013; 13(1):2–6.
6. Schroeder A, Pohler O, Sutter F. *Gewebsreaktion auf ein Titan-Hohlzylinderimplantat mit Titan-Spritzschichtoberfläche*. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 1976; 86(7):713–27.
7. Nanci A, Bosshardt DD. *Structure of periodontal tissues in health and disease*. Periodontol 2000 2006; 40:11–28.
8. Albrektsson T, Brånemark PI, Hansson HA, Lindström J. *Osseointegrated titanium implants. Requirements for ensuring a long-lasting, direct bone-to-implant anchorage in man*. Acta Orthop Scand 1981; 52(2):155–70.
9. Albrektsson T, Chrcanovic B, Östman P-O, Sennerby L. *Initial and long-term crestal bone responses to modern dental implants*. Periodontol 2000 2017; 73(1):41–50.
10. Geckili O, Bilhan H, Geckili E, Cilingir A, Mumcu E, Bural C. *Evaluation of possible prognostic factors for the success, survival, and failure of dental implants*. Implant Dent 2014; 23(1):44–50.
11. Möller B, Terheyden H, Açil Y, Purcz NM, Hertrampf K, Tabakov A et al. *A comparison of biocompatibility and osseointegration of ceramic and titanium implants: an in vivo and in vitro study*. Int J Oral Maxillofac Surg 2012; 41(5):638–45.
12. CLEMENTINI M, MORLUPI A, AGRESTINI C, OTTRIA L. *Success rate of dental implants inserted in autologous bone graft regenerated areas: a systematic review*. Oral Implantol (Rome) 2012; 4(3-4):3–10.
13. Elo JA, Herford AS, Boyne PJ. *Implant success in distracted bone versus autogenous bone-grafted sites*. J Oral Implantol 2009; 35(4):181–4.
14. McAllister BS, Haghghat K. *Bone augmentation techniques*. J Periodontol 2007; 78(3):377–96.
15. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. *Reasons for failures of oral implants*. J Oral Rehabil 2014; 41(6):443–76.

16. Friberg B., Jemt T, Lekholm U. *Early Failures in 4,641 Consecutively Placed Brånemark Dental Implants: A Study From Stage 1 Surgery to the Connection of Completed Prostheses*. Int J Oral Maxillofac Implants 1991; (6):142–6.
17. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. *Bone Quality and Quantity and Dental Implant Failure: A Systematic Review and Meta-analysis*. Int J Prosthodont 2017; 30(3).
18. Herrmann i, Lekholm U, Holm S, Kultje C. *Evaluation of Patient and Implant Characteristics as Potential Prognostic Factors for Oral Implant Failures*. Int J Oral Maxillofac Implants 2005; (20):220–30.
19. Juodzbaly G, Wang H-L, Sabalys G. *Injury of the Inferior Alveolar Nerve during Implant Placement: a Literature Review*. J Oral Maxillofac Res 2011; 2(1):e1.
20. Arx T von. *Das Foramen mentale oder "the crossroads of the mandible"- Eine anatomische und klinische Betrachtung*. Schweiz Monatsschr Zahnmed 2013; Vol. 123(3):204–15.
21. Chen S, Wilson T, Hämmerle C. *Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes*. Int J Oral Maxillofac Implants 2004.
22. Bassir SH, El Kholly K, Chen C-Y, Lee KH, Intini G. *Outcome of early dental implant placement versus other dental implant placement protocols: A systematic review and meta-analysis*. J Periodontol 2019; 90(5):493–506.
23. Gutwald R, Gellrich N-C, Schmelzeisen R, Hrsg. *Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie: Für Studium, Examen und Beruf*. 3. überarbeitete und erweiterte Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2019.
24. Bohner L, Hanisch M, Kleinheinz J, Jung S. *Dental implants in growing patients: a systematic review*. Br J Oral Maxillofac Surg 2019; 57(5):397–406.
25. Berendsen AD, Olsen BR. *Bone development*. Bone 2015; 80:14–8.
26. Atwood DA. *Some clinical factors related to rate of resorption of residual ridges*. 1962. J Prosthet Dent 2001; 86(2):119–25.
27. Araújo MG, Silva CO, Misawa M, Sukekava F. *Alveolar socket healing: what can we learn?* Periodontol 2000 2015; 68(1):122–34.
28. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. *Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (II). Etiopathogenesis*. Eur J Oral Sci 1998; 106(3):721–64.
29. Hansson S, Halldin A. *Alveolar ridge resorption after tooth extraction: A consequence of a fundamental principle of bone physiology*. J Dent Biomech 2012; 3:1758736012456543.
30. Wolff J. *Das Gesetz der Transformation der Knochen*. Dtsch med Wochenschr 1893; 19(47):1222–4.
31. J. L Cawood, R. A. Howell. *A classification of the edentulous jaws*. International Journal Oral Maxillofacial Surgery 1988; (17):232–6.

32. Verhoeven JW, Cune MS, Ruijter J. *Perimucosal implants combined with iliac crest onlay grafts used in extreme atrophy of the mandible: long-term results of a prospective study*. Clin Oral Implants Res 2006; 17(1):58–66.
33. Verhoeven JW, Cune MS, Terlouw M, Zoon MA, Putter C de. *The combined use of endosteal implants and iliac crest onlay grafts in the severely atrophic mandible: a longitudinal study*. Int J Oral Maxillofac Surg 1997; 26(5):351–7.
34. Unger JW, Ellinger CW, Gunsolley JC. *An analysis of the effect of mandibular length on residual ridge loss in the edentulous patient*. J Prosthet Dent 1992; 67(6):827–30.
35. Tallgren A. *The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: A mixed-longitudinal study covering 25 years*. J Prosthet Dent 1972; 27(2):120–32.
36. Pietrokovski J, Starinsky R, Arensburg B, Kaffe I. *Morphologic characteristics of bony edentulous jaws*. J Prosthodontics 2007; 16(2):141–7.
37. Carrasco-García A, Castellanos-Cosano L, Corcuera-Flores J-R, Rodríguez-Pérez A, Torres-Lagares D, Machuca-Portillo G. *Influence of marginal bone loss on peri-implantitis: Systematic review of literature*. J Clin Exp Dent 2019; 11(11):e1045-e1071.
38. Galindo-Moreno P, León-Cano A, Ortega-Oller I, Monje A, O Valle F, Catena A. *Marginal bone loss as success criterion in implant dentistry: beyond 2 mm*. Clin Oral Implants Res 2015; 26(4):e28-e34.
39. Coli P, Christiaens V, Sennerby L, Bruyn H de. *Reliability of periodontal diagnostic tools for monitoring peri-implant health and disease*. Periodontol 2000 2017; 73(1):203–17.
40. Joos U, Kleinheinz J. *Reconstruction of the severely resorbed (Class VI) jaws: routine or exception?* J Craniomaxillofac Surg 2000; 28(1):1–4.
41. Jensen AT, Jensen SS, Worsaae N. *Complications related to bone augmentation procedures of localized defects in the alveolar ridge. A retrospective clinical study*. Oral Maxillofac Surg 2016; 20(2):115–22.
42. Stricker A, Schramm A, Marukawa E, Lauer G, Schmelzeisen R. *Distraction osteogenesis and tissue engineering--new options for enhancing the implant site*. Int J Periodontics Restorative Dent. 2003; (23):297–302.
43. Schwartz-Arad D, Dori S. *Intraoral autogenous onlay block bone grafting for implant dentistry*. Refuat Hapeh Vehashinayim (1993) 2002; 19(2):35-9, 77.
44. Zouhary KJ. *Bone graft harvesting from distant sites: concepts and techniques*. Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2010; 22(3):301-16, v.
45. Sakkas A, Wilde F, Heufelder M, Winter K, Schramm A. *Autogenous bone grafts in oral implantology—is it still a “gold standard”? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures*. Int J Implant Dent 2017; 3(1):115.
46. Galindo-Moreno P, Avila G, Fernández-Barbero JE, Mesa F, O'Valle-Ravassa F, Wang H-L. *Clinical and histologic comparison of two different composite grafts for*

- sinus augmentation: a pilot clinical trial.* Clin Oral Implants Res 2008; 19(8):755–9.
47. Sbordone C, Toti P, Guidetti F, Califano L, Pannone G, Sbordone L. *Volumetric changes after sinus augmentation using blocks of autogenous iliac bone or freeze-dried allogeneic bone. A non-randomized study.* J Craniomaxillofac Surg 2014; 42(2):113–8.
 48. Dimitriou R, Mataliotakis GI, Angoules AG, Kanakaris NK, Giannoudis PV. *Complications following autologous bone graft harvesting from the iliac crest and using the RIA: a systematic review.* Injury 2011; 42 Suppl 2:S3-15.
 49. Chiapasco M, Zaniboni M, Rimondini L. *Autogenous onlay bone grafts vs. alveolar distraction osteogenesis for the correction of vertically deficient edentulous ridges: a 2-4-year prospective study on humans.* Clin Oral Implants Res 2007; 18(4):432–40.
 50. Sjöström M, Sennerby L, Nilson H, Lundgren S. *Reconstruction of the atrophic edentulous maxilla with free iliac crest grafts and implants: a 3-year report of a prospective clinical study.* Clin Implant Dent Relat Res 2007; 9(1):46–59.
 51. Nkenke E, Neukam FW. *Autogenous bone harvesting and grafting in advanced jaw resorption: Morbidity, resorption and implant survival.* In: *European journal of oral implantology.* S. 203–17 [Stand: 2014].
 52. Zaker Shahrak A, Zor F, Kanatas A, Acikel C, Sapountzis S, Nicoli F et al. *Morphological and morphometric evaluation of the ilium, fibula, and scapula bones for oral and maxillofacial reconstruction.* Microsurgery 2014; 34(8):638–45.
 53. Lundgren S, Rasmusson L, Sjöström M, Sennerby L. *Simultaneous or delayed placement of titanium implants in free autogenous iliac bone grafts. Histological analysis of the bone graft-titanium interface in 10 consecutive patients.* Int J Oral Maxillofac Surg 1999; 28(1):31–37.
 54. Castagna L, Polido WD, Soares LG, Tinoco EMB. *Tomographic evaluation of iliac crest bone grafting and the use of immediate temporary implants to the atrophic maxilla.* Int J Oral Maxillofac Surg 2013; 42(9):1067–72.
 55. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. *Bone augmentation procedures in implant dentistry.* Int J Oral Maxillofac Implants 2009; 24 Suppl:237–59.
 56. Elnayef B, Monje A, Gargallo-Albiol J, Galindo-Moreno P, Wang H-L, Hernández-Alfaro F. *Vertical Ridge Augmentation in the Atrophic Mandible: A Systematic Review and Meta-Analysis.* Int J Oral Maxillofac Implants 2017; 32(2):291–312.
 57. Khadembaschi D, Russell P, Beech N, Batstone MD. *Osseointegrated implant survival, success and prosthodontic outcomes in composite free flaps: A 10-year retrospective cohort study.* Clin Oral Implants Res 2021.
 58. Aloy-Prósper A, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Diago M. *The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge augmentations: a systematic review.* Med Oral Patol Oral Cir Bucal 2015; 20(2):e251-8.

59. Howaldt H-P, Schmelzeisen R. *Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie: Für Studium, Examen und Weiterbildung. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage.* Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2015.
60. Coopman R, Fennis J, Ghaemina H, van de Vyvere G, Politis C, Hoppenreijts TJM. *Volumetric osseous changes in the completely edentulous maxilla after sinus grafting and lateral bone augmentation: a systematic review.* Int J Oral Maxillofac Surg 2020; 49(11):1470–80.
61. Boyne PJ, James RA. *Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone.* J Oral Surg 1980; 38(8):613–6.
62. Summers RB. *A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique.* Compendium 1994; 15(2):152, 154-6, 158 passim; quiz 162.
63. Voss P, Sauerbier S, Wiedmann-Al-Ahmad M, Zizelmann C, Stricker A, Schmelzeisen R et al. *Bone regeneration in sinus lifts: comparing tissue-engineered bone and iliac bone.* Br J Oral Maxillofac Surg 2010; 48(2):121–6.
64. Attia S, Narberhaus C, Schaaf H, Streckbein P, Pons-Kühnemann J, Schmitt C et al. *Long-Term Influence of Platelet-Rich Plasma (PRP) on Dental Implants after Maxillary Augmentation: Implant Survival and Success Rates.* J Clin Med 2020; 9(2).
65. Wallace SS, Froum SJ. *Effect of maxillary sinus augmentation on the survival of endosseous dental implants. A systematic review.* Ann Periodontol 2003; 8(1):328–43.
66. Buser D, Dula K, Hirt HP, Schenk RK. *Lateral ridge augmentation using autografts and barrier membranes: A clinical study with 40.* Journal of Oral and Maxillofacial Surgery 1996; 54(4):420–32.
67. Lin KY, Bartlett SP, Yaremchuk MJ, Fallon M, Grossman RF, Whitaker LA. *The effect of rigid fixation on the survival of onlay bone grafts: an experimental study.* Plastic and Reconstructive Surgery 1990; 86(3):449–56.
68. Mehra P, Figueroa R. *Vector control in alveolar distraction osteogenesis.* J Oral Maxillofac Surg 2008; 66(4):776–9.
69. Batal HS, Cottrell DA. *Alveolar distraction osteogenesis for implant site development.* Oral Maxillofac Surg Clin North Am 2004; 16(1):91-109, vii.
70. Rachmiel A, Srouji S, Peled M. *Alveolar ridge augmentation by distraction osteogenesis.* Int J Oral Maxillofac Surg 2001; 30(6):510–7.
71. Moses O, Nemcovsky CE, Langer Y, Tal H. *Severely resorbed mandible treated with iliac crest autogenous bone graft and dental implants: 17-year follow-up.* Int J Oral Maxillofac Implants 2007; 22(6):1017–21.
72. Zizelmann C, Schoen R, Metzger MC, Schmelzeisen R, Schramm A, Dott B et al. *Bone formation after sinus augmentation with engineered bone.* Clin Oral Implants Res 2007; 18(1):69–73.

73. Nocini PF, Bedogni A, Valsecchi S, Trevisiol L, Ferrari F, Fior A et al. *Fractures of the iliac crest following anterior and posterior bone graft harvesting. Review of the literature and case presentation.* Minerva Stomatol 2003; 52(10):441-8, 448-52.
74. Schaaf H, Lendeckel S, Howaldt H-P, Streckbein P. *Donor site morbidity after bone harvesting from the anterior iliac crest.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2010; 109(1):52–8.
75. George L Grillon DMD, Stephen F. Gunther MD, Peter W. Connole DDS. *A new technique for obtaining iliac bone grafts.* J Oral Maxillofac Surg 1984; 42(3):172–6.
76. Schmidmaier G, Herrmann S, Green J, Weber T, Scharfenberger A, Haas NP et al. *Quantitative assessment of growth factors in reaming aspirate, iliac crest, and platelet preparation.* Bone 2006; 39(5):1156–63.
77. Sönmez TT, Prescher A, Salama A, Kanatas A, Zor F, Mitchell D et al. *Comparative clinicoanatomical study of ilium and fibula as two commonly used bony donor sites for maxillofacial reconstruction.* Br J Oral Maxillofac Surg 2013; 51(8):736–41.
78. Sethi A, Kaus T, Cawood JJ, Plaha H, Boscoe M, Sochor P. *Onlay bone grafts from iliac crest: a retrospective analysis.* Int J Oral Maxillofac Surg 2020; 49(2):264–71.
79. Schmitz P, Cornelius Neumann C, Neumann C, Nerlich M, Dendorfer S. *Biomechanical analysis of iliac crest loading following cortico-cancellous bone harvesting.* J Orthop Surg Res 2018; 13(1):108.
80. Shin SR, Tornetta P. *Donor Site Morbidity After Anterior Iliac Bone Graft Harvesting.* Journal of Orthopaedic Trauma 2016; 30(6):340–3.
81. Fretwurst T, Wanner L, Nahles S, Raguse JD, Stricker A, Metzger MC et al. *A prospective study of factors influencing morbidity after iliac crest harvesting for oral onlay grafting.* J Craniomaxillofac Surg 2015; 43(5):705–9.
82. Schimming R, Gellrich N. C. *Von der autologen Knochentransplantation bis zum Tissue Engineering.* ZBW 2004; (8):18–21.
83. van der Meij EH, Blankestijn J, Berns RM, Bun RJ, Jovanovic A, Onland JM et al. *The combined use of two endosteal implants and iliac crest onlay grafts in the severely atrophic mandible by a modified surgical approach.* Int J Oral Maxillofac Surg 2005; 34(2):152–7.
84. Chiapasco M, Casentini P, Zaniboni M. *Implants in reconstructed bone: a comparative study on the outcome of Straumann® tissue level and bone level implants placed in vertically deficient alveolar ridges treated by means of autogenous onlay bone grafts.* Clin Implant Dent Relat Res 2014; 16(1):32–50.
85. Bllaca F, Toci E. *Dental Implantation of Atrophic Jaws Reconstructed with Iliac Bone Graft Crest - Outcome of Seven Cases.* Open Access Maced J Med Sci 2016; 4(4):709–13.

86. Cansiz E, Haq J, Manisali M, Cakarar S, Gultekin BA. *Long-term evaluation of three-dimensional volumetric changes of augmented severely atrophic maxilla by anterior iliac crest bone grafting*. J Stomatol Oral Maxillofac Surg 2020.
87. Misch CE, Perel ML, Wang H-L, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P et al. *Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference*. Implant Dent 2008; 17(1):5–15.
88. E. L. Kaplan and Paul Meier. *Nonparametric Estimation from Incomplete Observations*. Journal of the American Statistical Association 1958; 1958(53):457–81.
89. Weibrich G, Buch RS, Wegener J, Wagner W. *Five-year prospective follow-up report of the Astra tech standard dental implant in clinical treatment*. Int J Oral Maxillofac Implants 2001; 16(4):557–62.
90. Adler L, Buhlin K, Jansson L. *Survival and complications: A 9- to 15-year retrospective follow-up of dental implant therapy*. J Oral Rehabil 2020; 47(1):67–77.
91. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. *Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology*. Eur J Oral Sci 1998; 106(1):527–51.
92. Esposito M, Thomsen P, Ericson LE, Lekholm U. *Histopathologic observations on early oral implant failures*. Int J Oral Maxillofac Implants 1999; 14(6):798–810.
93. Angelis F de, Papi P, Mencio F, Rosella D, Di Carlo S, Pompa G. *Implant survival and success rates in patients with risk factors: results from a long-term retrospective study with a 10 to 18 years follow-up*. Eur Rev Med Pharmacol Sci 2017; 21(3):433–7.
94. Tolstunov L. *Dental implant success-failure analysis: a concept of implant vulnerability*. Implant Dent 2006; 15(4):341–6.
95. Sakka S, Baroudi K, Nassani MZ. *Factors associated with early and late failure of dental implants*. J Investig Clin Dent 2012; 3(4):258–61.
96. Olmedo-Gaya MV, Manzano-Moreno FJ, Cañaverl-Cavero E, Dios Luna-del Castillo J de, Vallecillo-Capilla M. *Risk factors associated with early implant failure: A 5-year retrospective clinical study*. J Prosthet Dent 2016; 115(2):150–5.
97. Abt E. *Smoking increases dental implant failures and complications*. Evid Based Dent 2009; 10(3):79–80.
98. Naseri R, Yaghini J, Feizi A. *Levels of smoking and dental implants failure: A systematic review and meta-analysis*. J Clin Periodontol 2020; 47(4):518–28.
99. Naujokat H, Kunzendorf B, Wiltfang J. *Dental implants and diabetes mellitus-a systematic review*. Int J Implant Dent 2016; 2(1):5.
100. Smeets R, Henningsen A, Jung O, Heiland M, Hammächer C, Stein JM. *Definition, etiology, prevention and treatment of peri-implantitis--a review*. Head Face Med 2014; 10:1–13.

101. Esposito M, Thomsen P, Ericson LE, Lekholm U. *Histopathologic Observations on Late Oral Implant Failures*. Clin Implant Dent Relat Res 2000; (2):18–32.
102. Bergman B. *Evaluation of the results of treatment with osseointegrated implants by the Swedish National Board of Health and Welfare*. J Prosthet Dent 1983; 50(1):114–5.
103. Schnitman PA, Schulman LB. *Dental implants. Benefit and risk*. Natl Inst Health Consens Dev Conf Summ 1977; 1:13–9.
104. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. *The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success*. Int J Oral Maxillofac Implants 1986; 1(1):11–25.
105. Smith DE, Zarb GA. *Criteria for success of osseointegrated endosseous implants*. J Prosthet Dent 1989; 62(5):567–72.
106. Buser D, Weber HP, Lang NP. *Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants*. Clin Oral Implants Res 1990; 1(1):33–40.
107. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius P. *A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism*. J Prosthet Dent 1992; 67(2):236–45.
108. Snauwaert K, Duyck J, van Steenberghe D, Quirynen M, Naert I. *Time dependent failure rate and marginal bone loss of implant supported prostheses: a 15-year follow-up study*. Clin Oral Investig 2000; 4(1):13–20.
109. Buch RSR, Weibrich G, Wagner W. *Erfolgskriterien in der Implantologie*. Mund Kiefer Gesichtschir 2003; 7(1):42–6.
110. Papaspyridakos P, Chen C-J, Singh M, Weber H-P, Gallucci GO. *Success criteria in implant dentistry: a systematic review*. J Dent Res 2012; 91(3):242–8.
111. Stellingsma K, Raghoobar GM, Visser A, Vissink A, Meijer HJA. *The extremely resorbed mandible, 10-year results of a randomized controlled trial on 3 treatment strategies*. Clin Oral Implants Res 2014; 25(8):926–32.
112. Heitz-Mayfield LJA, Lang NP. *Comparative biology of chronic and aggressive periodontitis vs. peri-implantitis*. Periodontol 2000 2010; 53:167–81.
113. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang H-L. *Peri-implantitis*. J Periodontol 2018; 89 Suppl 1:S267-S290.
114. Heitz-Mayfield LJA. *Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators*. J Clin Periodontol 2008; 35(8 Suppl):292–304.
115. Derks J, Tomasi C. *Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology*. J Clin Periodontol 2015; 42 Suppl 16:S158-71.
116. Mombelli A, van Oosten MA, Schurch E, Land NP. *The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants*. Oral Microbiol Immunol 1987; 2(4):145–51.

117. Renvert S, Polyzois I. *Risk indicators for peri-implant mucositis: a systematic literature review*. J Clin Periodontol 2015; 42 Suppl 16:S172-86.
118. Lang NP, Berglundh T. *Periimplant diseases: where are we now?--Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology*. J Clin Periodontol 2011; 38 Suppl 11:178–81.
119. Mombelli A, Müller N, Cionca N. *The epidemiology of peri-implantitis*. Clin Oral Implants Res 2012; 23 Suppl 6:67–76.
120. Doornewaard R, Jacquet W, Cosyn J, Bruyn H de. *How do peri-implant biologic parameters correspond with implant survival and peri-implantitis? A critical review*. Clin Oral Implants Res 2018; 29 Suppl 18:100–23.
121. Nguyen-Hieu T, Borghetti A, Aboudharam G. *Peri-implantitis: from diagnosis to therapeutics*. J Investig Clin Dent 2012; 3(2):79–94.
122. Koldslund OC, Scheie AA, Aass AM. *The association between selected risk indicators and severity of peri-implantitis using mixed model analyses*. J Clin Periodontol 2011; 38(3):285–92.
123. Åstrand P, Nord PG, Brånemark P-I. *Titanium implants and onlay bone graft to the atrophic edentulous maxilla*. Int J Oral Maxillofac Surg 1996; 25(1):25–9.
124. Titsinides S, Agrogiannis G, Karatzas T. *Bone grafting materials in dentoalveolar reconstruction: A comprehensive review*. Jpn Dent Sci Rev 2019; 55(1):26–32.
125. Batstone MD. *Reconstruction of major defects of the jaws*. Aust Dent J 2018; 63 Suppl 1:S108-S113.
126. Blomqvist JE, Alberius P, Isaksson S. *Retrospective analysis of one-stage maxillary sinus augmentation with endosseous implants*. Int J Oral Maxillofac Implants 1996; 11(4):512–21.
127. Blomqvist JE, Alberius P, Isaksson S. *Two-stage maxillary sinus reconstruction with endosseous implants: a prospective study*. Int J Oral Maxillofac Implants 1998; 13(6):758–66.
128. Barone A, Covani U. *Maxillary alveolar ridge reconstruction with nonvascularized autogenous block bone: clinical results*. J Oral Maxillofac Surg 2007; 65(10):2039–46.
129. Nyström E, Nilson H, Gunne J, Lundgren S. *A 9-14 year follow-up of onlay bone grafting in the atrophic maxilla*. Int J Oral Maxillofac Surg 2009; 38(2):111–6.
130. Boven GC, Meijer HJA, Vissink A, Raghoobar GM. *Reconstruction of the extremely atrophied mandible with iliac crest onlay grafts followed by two endosteal implants: a retrospective study with long-term follow-up*. Int J Oral Maxillofac Surg 2014; 43(5):626–32.
131. Nguyen TTH, Eo MY, Kuk TS, Myoung H, Kim SM. *Rehabilitation of atrophic jaw using iliac onlay bone graft combined with dental implants*. Int J Implant Dent 2019; 5(1):11.

132. Fretwurst T, Nack C, Al-Ghraiiri M, Raguse JD, Stricker A, Schmelzeisen R et al. *Long-term retrospective evaluation of the peri-implant bone level in onlay grafted patients with iliac bone from the anterior superior iliac crest.* J Craniomaxillofac Surg 2015; 43(6):956–60.
133. Souza CSV de, Ortega-Lopes R, Barreno AC, Moraes M de, Albergaria-Barbosa JR, Nória CF. *Analysis of the Survival of Dental Implants Installed in Reconstructed Maxilla With Autogenous Iliac Crest Graft: 7- to 9-Year Follow-Up.* J Oral Implantol 2019; 45(6):427–36.
134. Khadembaschi D, Brierly GI, Chatfield MD, Beech N, Batstone MD. *Systematic review and pooled analysis of survival rates, success, and outcomes of osseointegrated implants in a variety of composite free flaps.* Head Neck 2020; 42(9):2669–86.
135. Ma G, Wu C, Shao M. *Simultaneous implant placement with autogenous onlay bone grafts: a systematic review and meta-analysis.* Int J Implant Dent 2021; 7(1):61.
136. Bell RB, Blakey GH, White RP, Hillebrand DG, Molina A. *Staged reconstruction of the severely atrophic mandible with autogenous bone graft and endosteal implants.* J Oral Maxillofac Surg 2002; 60(10):1135–41.
137. Calvo-Guirado JL, López-López PJ, Pérez-Albacete Martínez C, Javed F, Granero-Marín JM, Maté Sánchez de Val JE et al. *Peri-implant bone loss clinical and radiographic evaluation around rough neck and microthread implants: a 5-year study.* Clin Oral Implants Res 2018; 29(6):635–43.
138. Fuglsig JMCES, Schropp L, Thorn JJ, Ingerslev J, Wenzel A, Spin-Neto R. *Long-term radiographic assessment of titanium implants installed in maxillary areas grafted with autogenous bone blocks using two predefined sets of success criteria.* Clin Implant Dent Relat Res 2019; 21(5):845–52.
139. Attia S, Schaper E, Schaaf H, Pons-Kühnemann J, Schlenz MA, Streckbein P et al. *Evaluation of Implant Success in Patients with Dental Aplasia.* Biomed Res Int 2019; 2019:1680158.
140. Balshi TJ, Wolfinger GJ, Stein BE, Balshi SF. *A long-term retrospective analysis of survival rates of implants in the mandible.* Int J Oral Maxillofac Implants 2015; 30(6):1348–54.
141. Moraschini V, Da Poubel LAC, Ferreira VF, Barboza EdSP. *Evaluation of survival and success rates of dental implants reported in longitudinal studies with a follow-up period of at least 10 years: a systematic review.* Int J Oral Maxillofac Surg 2015; 44(3):377–88.
142. Ihde S, Kopp S, Gundlach K, Konstantinović VS. *Effects of radiation therapy on craniofacial and dental implants: a review of the literature.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2009; 107(1):56–65.
143. Wu Y, Huang W, Zhang Z, Zhang Z, Zou D. *Long-term success of dental implant-supported dentures in postirradiated patients treated for neoplasms of the*

- maxillofacial skeleton: a retrospective study.* Clin Oral Investig 2016; 20(9):2457–65.
144. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. *Bisphosphonates and dental implants: A meta-analysis.* Quintessence Int 2016; 47(4):329–42.
 145. Lowe SA. *Diagnostic radiography in pregnancy: risks and reality.* Aust N Z J Obstet Gynaecol 2004; 44(3):191–6.
 146. Mombelli A., Lang N.P. *Clinical parameters for the evaluation of dental implants.* Periodontology 2000 1994; (4):81–6.
 147. Müller H-P. *Checklisten der Zahnmedizin Parodontologie.* 3. Aufl. s.l.: Georg Thieme Verlag KG; 2012.
 148. Hellwig E, Schäfer E, Klimek J, Attin T. *Einführung in die Zahnerhaltung: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie.* 7. überarbeitete Auflage. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2018.
 149. Noguerol B, Muñoz R, Mesa F, Dios Luna J de, O'Valle F. *Early implant failure. Prognostic capacity of Periotest: retrospective study of a large sample.* Clin Oral Implants Res 2006; 17(4):459–64.
 150. Olivé J, Aparicio C. *Periotest method as a measure of osseointegrated oral implant stability.* Int J Oral Maxillofac Implants 1990; 5(4):390–400.
 151. Medizintechnik Gulden e.K. PERIOTEST classic. *Gebrauchsanweisung (deutsch) Periotest Classic Stand 2015-10-01 Link: http://www.med-gulden.com/downloads/01_german/02_Bedienungsanleitungen/Periotest_Classic.pdf* 2015:20–4.
 152. Lin G-H, Chan H-L, Wang H-L. *The significance of keratinized mucosa on implant health: a systematic review.* J Periodontol 2013; 84(12):1755–67.
 153. Brito C, Tenenbaum HC, Wong BKC, Schmitt C, Nogueira-Filho G. *Is keratinized mucosa indispensable to maintain peri-implant health? A systematic review of the literature.* J Biomed Mater Res Part B Appl Biomater 2014; 102(3):643–50.
 154. Ramanauskaitė A, Juodzbalytė G. *Diagnostic Principles of Peri-Implantitis: a Systematic Review and Guidelines for Peri-Implantitis Diagnosis Proposal.* J Oral Maxillofac Res 2016; 7(3):e8.
 155. Albrektsson T, Buser D, Sennerby L. *On Crestal Marginal Bone Loss Around Dental Implants.* Int J Periodontics Restorative Dent 2013; 33(1):9–11.
 156. Kullman L, Al-Asfour A, Zetterqvist L, Andersson L. *Comparison of radiographic bone height assessments in panoramic and intraoral radiographs of implant patients.* Int J Oral Maxillofac Implants 2007; 22(1):96–100.
 157. Angelopoulos C, Thomas SL, Thomas S, Hechler S, Hechler S, Parissis N et al. *Comparison between digital panoramic radiography and cone-beam computed tomography for the identification of the mandibular canal as part of presurgical dental implant assessment.* J Oral Maxillofac Surg 2008; 66(10):2130–5.

158. Harris D, Buser D, Dula K, Grondahl K, Haris D, Jacobs R et al. *E.A.O. guidelines fo the use of diagnostic imaging in implant dentistry. A consensus workshop organized by the European Association for Osseointegration in Trinity College Dublin*. Clin Oral Implants Res 2002; 13(5):566–70.
159. Weiß C. *Basiswissen Medizinische Statistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2013.
160. Guyatt GH. *Users' Guides to the Medical Literature*. JAMA 1995; 274(22):1800.
161. British Medical Journal. *Education and Debate - 26 July 1997*.
162. Zwiener I, Blettner M, Hommel G. *Survival Analysis: Part 15 of a Series on Evaluation of Scientific Publications*. Deutsches Ärzteblatt international 2011; (108(10)):163–9.
163. Attia S. *Success of dental implants in compromised patients: Erfolg dentaler Implantate bei kompromittierten Patienten*. Kumulative Habilitationsschrift 2021:1–183.
164. Nyström E. *10-year follow-up of onlay bone grafts and implants in severely resorbed maxillae*. Int J Oral Maxillofac Surg 2003.
165. Richter EJ, Jansen V, Spiekermann H, Jovanovic SA. *Langzeitergebnisse von IMZ-und TPS-Implantaten im interforaminalen Bereich des zahnlosen Unterkiefers*. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 1992:449–54.
166. Marchetti C, Trasarti S, Corinaldesi G, Felice P. *Interpositional bone grafts in the posterior mandibular region: a report on six patients*. Int J Periodontics Restorative Dent 2007; 27(6):547–55.
167. Cranin AN, DeGrado J, Kaufman M, Baraoidan M, DiGregorio R, Batgitis G et al. *Evaluation of the Periotest as a Diagnostic Tool for Dental Implants*. Journal of Oral Implantology 1998; 24(3):139–46.
168. Ferrigno N, Laureti M, Fanali S, Grippaudo G. *A long-term follow-up study of non-submerged ITI implants in the treatment of totally edentulous jaws. Part I: Ten-year life table analysis of a prospective multicenter study with 1286 implants*. Clin Oral Implants Res 2002; 13(3):260–73.
169. Beck F, Watzak G, Lettner S, Gahleitner A, Gruber R, Dvorak G et al. *Retrospective Evaluation of Implants Placed in Iliac Crest Autografts and Pristine Bone*. J Clin Med 2022; 11(5).
170. Robiony M, Zorzan E, Polini F, Sembronio S, Toro C, Politi M. *Osteogenesis distraction and platelet-rich plasma: combined use in restoration of severe atrophic mandible. Long-term results*. Clin Oral Implants Res 2008; 19(11):1202–10.
171. Felice P, Pistilli R, Lizio G, Pellegrino G, Nisii A, Marchetti C. *Inlay versus onlay iliac bone grafting in atrophic posterior mandible: a prospective controlled clinical trial for the comparison of two techniques*. Clin Implant Dent Relat Res 2009; 11 Suppl 1:e69-82.

172. Bianchi A, Felice P, Lizio G, Marchetti C. *Alveolar distraction osteogenesis versus inlay bone grafting in posterior mandibular atrophy: a prospective study.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2008; 105(3):282–92.
173. Sbordone C, Toti P, Guidetti F, Califano L, Santoro A, Sbordone L. *Volume changes of iliac crest autogenous bone grafts after vertical and horizontal alveolar ridge augmentation of atrophic maxillas and mandibles: a 6-year computerized tomographic follow-up.* J Oral Maxillofac Surg 2012; 70(11):2559–65.
174. Pelo S, Boniello R, Moro A, Gasparini G, Amoroso PF. *Augmentation of the atrophic edentulous mandible by a bilateral two-step osteotomy with autogenous bone graft to place osseointegrated dental implants.* Int J Oral Maxillofac Surg 2010; 39(3):227–34.
175. Ardisson A, Senna P, Granato R, Bergamo E, Bonfante E, Marin C. *Success Rate of Mandible Implants Placed in Vascularized Fibula Bone Graft: a Systematic Review.* J Oral Implantol 2022.
176. Attia S, Wiltfang J, Pons-Kühnemann J, Wilbrand J-F, Streckbein P, Kähling C et al. *Survival of dental implants placed in vascularised fibula free flaps after jaw reconstruction.* J Craniomaxillofac Surg 2018; 46(8):1205–10.
177. Visser A, Stellingsma C, Raghoobar GM, Meijer HJ, Vissink A. *A 15-Year Comparative Prospective Study of Surgical and Prosthetic Care and Aftercare of Overdenture Treatment in the Atrophied Mandible: Augmentation Versus Nonaugmentation.* Clin Implant Dent Relat Res 2016; 18(6):1218–26.
178. Vermeeren JJ, Wismeijer D, van Waas MA. *One-step reconstruction of the severely resorbed mandible with onlay bone grafts and endosteal implants.* Int J Oral Maxillofac Surg 1996; 25(2):112–5.
179. van Velzen FJJ, Ofec R, Schulten EAJM, Bruggenkate CM ten. *10-year survival rate and the incidence of peri-implant disease of 374 titanium dental implants with a SLA surface: a prospective cohort study in 177 fully and partially edentulous patients.* Clin Oral Implants Res 2015; 26(10):1121–8.
180. Muñoz V, Duque A, Giraldo A, Manrique R. *Prevalence of Peri-implant Disease According to Periodontal Probing Depth and Bleeding on Probing: A Systematic Review and Meta-Analysis.* Int J Oral Maxillofac Implants 2018; 33(4):e89-e105.
181. Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. *Smoking and dental implants: A systematic review and meta-analysis.* J Dent 2015; 43(5):487–98.

8. Anhang

8.1 Patientenanschriften

Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, MKG-Chirurgie Klinikstraße 33, D - 35385 Gießen	 UNIVERSITÄTSKLINIKUM GIESSEN UND MARBURG	
Vorname Nachname Straße Nr. PLZ Ort	Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - Plastische Operationen – Justus-Liebig-Universität Gießen Direktor: Prof. Dr.med. Dr.med.dent. H.-P. Howaldt Klinikstraße 33 35385 Gießen Telefon (0641) 985-46275 Telefax (0641) 985-46238 E-Mail: mkg@uniklinikum-giessen.de www.ukgm.de/ugi_mkg	
Gießen, den Datum		
Implantat-Nachuntersuchung		
Sehr geehrte(r) Frau/Herr Nachname ,		
bei Ihnen wurden in unserer Klinik dentale Implantate eingesetzt. Wir hoffen, dass durch die seinerzeitige Operation ein gutes Langzeitergebnis erreicht wurde. Dies möchten wir gerne im Rahmen einer Nachuntersuchung überprüfen, zu der wir Sie herzlich einladen.		
Wir schlagen Ihnen dafür		
Wochentag, den Tag. Monat Jahr um Zeit Uhr		
im Universitätsklinikum Gießen, Klinikstraße 33, Ebene – 1 (Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie) zur Untersuchung Ihrer Implantate in der Implantatsprechstunde vor. Wenn möglich, bringen Sie bitte aktuelle Röntgenaufnahmen Ihrer Implantate mit.		
Falls bei Ihnen dies nicht möglich ist, bitten wir um erneute telefonische Terminabsprache zwischen 7:30 Uhr und 12:00 Uhr unter der Telefon-Nr.: 0641/9946111.		
Mit freundlichen Grüßen		
Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt Direktor der Klinik	Dr. S. Attia Zahnarzt für Oralchirurgie	
Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH	Geschäftsführung	Aufsichtsratsvorsitzender
Sitz der Gesellschaft: Gießen Amtsgericht Gießen HRB 6384	Martin Menger (Vors.) Prof. Dr. Werner Seeger (stv. Vors.) Dr. Christiane Hinck-Kneip Dr. Gunther K. Weiß Prof. Dr. Jochen A. Werner	Dr. Dr. Martin Siebert
http://www.ukgm.de		

8.2 Patientenaufklärung

Prüfstelle: Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Standort Gießen

Prüfarzt: Dr. Sameh Attia

Retrospektive klinische Studie zu enossalen Implantaten in mittels Beckenkamm augmentierten Bereichen nach über 5 Jahren

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

wir möchten Sie fragen, ob Sie bereit sind, an der nachfolgend beschriebenen klinischen Studie teilzunehmen.

Klinische Studien sind notwendig, um Erkenntnisse über die Wirksamkeit und Verträglichkeit von medizinischen Behandlungsmethoden zu gewinnen oder zu erweitern. Die klinische Studie, die wir Ihnen hier vorstellen, wurde von der zuständigen Ethikkommission zustimmend bewertet. Diese klinische Prüfung wird in der **Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Standort Gießen durchgeführt**; es sollen insgesamt ungefähr 50 Personen daran teilnehmen. Die Studie wird veranlasst, organisiert und finanziert durch das Universitätsklinikum Gießen, dem Verantwortlichen für diese Studie.

Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie ist freiwillig. Sie werden in diese Prüfung also nur dann einbezogen, wenn Sie dazu schriftlich Ihre Einwilligung erklären. Sofern Sie nicht an der klinischen Studie teilnehmen oder später aus ihr ausscheiden möchten, erwachsen Ihnen daraus keine Nachteile.

Sie wurden bereits auf die geplante Studie angesprochen. Der nachfolgende Text soll Ihnen die Ziele und den Ablauf erläutern. Anschließend wird ein Prüfarzt das Aufklärungsgespräch mit Ihnen führen. Bitte zögern Sie nicht, alle Punkte anzusprechen, die Ihnen unklar sind.

1. Warum wird diese Studie durchgeführt?

Von der Durchführung der vorgesehenen klinischen Prüfung erhoffen wir ein genaueres Verständnis über die Qualität von Beckenkammtransplantaten im Kieferbereich nach einer Verweildauer von über 5 Jahren. Wir sind auch interessiert an einer Ermittlung der Erfolgsrate der darin eingebrachten Implantate und des durchschnittlichen Knochenverlusts. Dies wurde bis jetzt in nur wenigen Studien untersucht.

2. Wie ist der Ablauf der Studie und was muss ich bei Teilnahme beachten?

Bei Aufnahme in diese klinische Studie wird die Vorgeschichte Ihrer Krankheit erhoben und Sie werden einer umfassenden zahnärztlichen Untersuchung unterzogen. Dazu gehören insbesondere eine einmalige Röntgenaufnahme, eine Zahntaschentiefenmessung und eine Prüfung der Festigkeit Ihrer Implantate.

Die Dauer dieses Termins liegt ungefähr bei einer Stunde. Zuerst werden Sie von einem Prüfarzt/Doktoranden über die Studie aufgeklärt und danach müssen Sie einen Fragebogen zu Ihrer bisherigen Krankheitsgeschichte ausfüllen. Danach erfolgt eine Untersuchung Ihrer Implantate und zum Abschluss ein Röntgenbild.

3. Welchen persönlichen Nutzen habe ich von der Teilnahme an der Studie?

Sie werden durch die Teilnahme an dieser Studie außer einer ärztlichen Untersuchung voraussichtlich keinen persönlichen Gesundheitsnutzen haben. Die Ergebnisse der Studie können aber möglicherweise dazu beitragen, die Behandlung von Knochenschwund im Kieferbereich zukünftig besser beurteilen und behandeln zu können.

4. Welche Risiken sind mit der Teilnahme an der Studie verbunden?

Darüber hinaus können die im Rahmen dieser klinischen Studie studienbedingt durchgeführten Maßnahmen mit Risiken behaftet sein oder zu Beschwerden führen. Im Einzelnen handelt es sich um Röntgenstrahlenbelastung.

Bitte teilen Sie den Mitarbeitern der Prüfstelle alle Beschwerden, Erkrankungen oder Verletzungen mit, die im Verlauf der klinischen Prüfung auftreten. Falls diese schwerwiegend sind, teilen Sie den Mitarbeitern der Prüfstelle diese bitte umgehend mit.

5. Wer darf an dieser klinischen Studie nicht teilnehmen?

Schwangere Frauen dürfen an dieser klinischen Prüfung **nicht teilnehmen**.

Der Grund dafür ist, aus der Anwendung am Menschen gibt es Belege für ein erhöhtes Risiko einer Schädigung des ungeborenen Lebens durch Röntgenstrahlung.

Falls Sie in Kopf-Hals-Bereich eine Bestrahlungstherapie bekommen haben, dürfen Sie auch nicht teilnehmen.

6. Entstehen für mich Kosten durch die Teilnahme an der klinischen Studie? Erhalte ich eine Aufwandsentschädigung?

Durch Ihre Teilnahme an dieser klinischen Studie entstehen für Sie keine zusätzlichen Kosten. Sie erhalten keine Aufwandsentschädigung.

7. Wer entscheidet, ob ich aus der klinischen Studie ausscheide?

Sie können jederzeit, auch ohne Angabe von Gründen, Ihre Teilnahme beenden, ohne dass Ihnen dadurch irgendwelche Nachteile bei Ihrer medizinischen Behandlung entstehen.

Unter gewissen Umständen ist es aber auch möglich, dass der Prüfarzt oder der für die Studie Verantwortliche entscheidet, Ihre Teilnahme an der klinischen Prüfung vorzeitig zu beenden, ohne dass Sie auf die Entscheidung Einfluss haben. Die Gründe hierfür können z.B. sein:

- Ihre weitere Teilnahme an der klinischen Studie ist ärztlich nicht mehr vertretbar
- die gesamte klinische Studie wird abgebrochen

8. Was geschieht mit meinen Daten?

Während der klinischen Studie werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Akte niedergeschrieben oder elektronisch gespeichert. Die für die klinische Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form gespeichert, ausgewertet und gegebenenfalls weitergegeben. Pseudonymisiert bedeutet, dass keine Angaben von Namen oder Initialen verwendet werden, sondern nur ein Nummern- und/oder Buchstabencode, evtl. mit Angabe des Geburtsjahres.

Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert. Eine Entschlüsselung erfolgt nur unter den vom Gesetz vorgeschriebenen Voraussetzungen.

9. Was geschieht mit meinen Röntgenaufnahmen?

Die Aufnahmen mit bildgebenden Verfahren werden nach Abschluss der Studie in folgender Weise aufbewahrt: Elektronische Speicherung im internen Speichersystem des Klinikums.

10. An wen wende ich mich bei weiteren Fragen?**Beratungsgespräche an der Prüfstelle**

Sie haben stets die Gelegenheit zu weiteren Beratungsgesprächen mit dem auf Seite 1 genannten oder einem anderen Prüfarzt.

8.3 Einwilligungserklärung

**Prüfstelle: Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Standort
Gießen**

Prüfarzt: Dr. Sameh Attia

**Retrospektive klinische Studie zu enossalen Implantaten in mittels Beckenkamm
augmentierten Bereichen nach über 5 Jahren**

Einwilligungserklärung

.....

Name des Patienten in Druckbuchstaben

geb. am Teilnehmer-Nr.

Ich bin in einem persönlichen Gespräch durch den Prüfarzt

.....

Name der Ärztin/des Arztes

ausführlich und verständlich über die zu prüfende Behandlungsmethode und die Vergleichsmethode sowie über Wesen, Bedeutung, Risiken und Tragweite der klinischen Studie aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text der Patienteninformation sowie die hier nachfolgend abgedruckte Datenschutzerklärung gelesen und verstanden. Ich hatte die Gelegenheit, mit dem Prüfarzt über die Durchführung der klinischen Prüfung zu sprechen. Alle meine Fragen wurden zufriedenstellend beantwortet.

Möglichkeit zur Dokumentation zusätzlicher Fragen seitens des Patienten oder sonstiger Aspekte des Aufklärungsgesprächs:

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden.

Mir ist bekannt, dass ich jederzeit und ohne Angabe von Gründen meine Einwilligung zur Teilnahme an der Prüfung zurückziehen kann (mündlich oder schriftlich), ohne dass mir daraus Nachteile für meine medizinische Behandlung entstehen.

Datenschutz:

Mir ist bekannt, dass bei dieser klinischen Prüfung personenbezogene Daten, insbesondere medizinische Befunde über mich erhoben, gespeichert und ausgewertet werden sollen. Die Verwendung der Angaben über meine Gesundheit erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen und setzt vor der Teilnahme an der klinischen Prüfung folgende freiwillig abgegebene Einwilligungserklärung voraus, das heißt ohne die nachfolgende Einwilligung kann ich nicht an der klinischen Prüfung teilnehmen.

1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser klinischen Studie personenbezogene Daten, insbesondere Angaben über meine Gesundheit, über mich erhoben und in Papierform sowie auf elektronischen Datenträgern im Universitätsklinikum Gießen aufgezeichnet werden. Soweit erforderlich, dürfen die erhobenen Daten pseudonymisiert (verschlüsselt) weitergegeben werden an den Verantwortlichen oder eine von diesem beauftragte Stelle zum Zwecke der wissenschaftlichen Auswertung.
2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass autorisierte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Beauftragte des Verantwortlichen sowie die zuständigen Überwachungsbehörden in meine beim Prüfarzt vorhandenen personenbezogenen Daten, insbesondere meine Gesundheitsdaten, Einsicht nehmen, soweit dies für die Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.
3. Ich bin bereits darüber aufgeklärt worden, dass ich jederzeit die Teilnahme an der klinischen Prüfung beenden kann. Im Fall eines solchen Widerrufs meiner Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, erkläre ich mich damit einverstanden, dass die bis zu diesem Zeitpunkt gespeicherten Daten weiterhin verwendet werden dürfen, soweit dies erforderlich ist, um sicherzustellen, dass meine schutzwürdigen Interessen nicht beeinträchtigt werden. Falls ich meine Einwilligung, an der Studie teilzunehmen, widerrufe, müssen alle Stellen, die meine personenbezogenen Daten, insbesondere Gesundheitsdaten, gespeichert haben, unverzüglich prüfen, inwieweit die gespeicherten Daten zu dem vorgenannten Zweck noch erforderlich sind. Nicht mehr benötigte Daten sind unverzüglich zu löschen.
4. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine Daten nach Beendigung oder Abbruch der Studie zehn Jahre aufbewahrt werden. Danach werden meine personenbezogenen Daten gelöscht, soweit nicht gesetzliche, satzungsmäßige oder vertragliche Aufbewahrungsfristen entgegenstehen.
5. Ich bin damit einverstanden, dass mein Hausarzt/Hauszahnarzt (Frau/Herr.....) über meine Teilnahme an der klinischen Studie informiert wird (falls nicht gewünscht, bitte streichen).

.....
Unterschrift

**Ich erkläre mich bereit,
an der oben genannten klinischen Studie
freiwillig teilzunehmen.**

Ein Exemplar der Patienten-Information und -Einwilligung habe ich erhalten. Ein Exemplar verbleibt im Prüfzentrum.

.....
Name des Patienten in Druckbuchstaben



.....
Datum

.....
Unterschrift des **Patienten**

Ich habe das Aufklärungsgespräch geführt und die Einwilligung des Patienten eingeholt.

.....
Name des Prüfarztes/der Prüferärztin in Druckbuchstaben

.....
Datum

.....
Unterschrift des aufklärenden **Prüfarztes/der Prüferärztin**

5. Hatten Sie seit der Augmentation und dem Einsetzen der Implantate Beschwerden?

JA NEIN

Wenn JA, welche?

Schmerzen Implantatlockerung Zahnfleischbeschwerden

Andere:.....

6. Empfinden Sie die Implantate als Fremdkörper?

JA NEIN

7. Haben Sie an den Implantaten Missempfindungen (z.B. Überempfindlichkeit auf Reize, abnormale Empfindung, verminderte Empfindlichkeit)?

JA NEIN

8. Wie empfinden Sie die Kaufunktion durch die Implantate und den Zahnersatz?

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

9. Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit dem Implantaten und dem Zahnersatz?

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

10. Wie zufrieden mit dem Sprechvermögen?

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

11. Wie zufrieden sind Sie dem Gesamterfolg der Operation?

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

12. Wie zufrieden sind Sie dem Ästhetischen Gesamterfolg?

Sehr gut ungenügend
1 2 3 4 5 6

13. Reinigen Sie Ihre Zähne und Ihren Zahnersatz regelmäßig?

JA NEIN

Wenn *JA*, wie häufig pro Tag?

Wenn *NEIN*, warum?

Wann war Ihre letzte Professionelle-Zahnreinigung.....

Vielen Dank für Ihre Unterstützung.

.....

.....

Datum

Unterschrift

Klinische Untersuchung		Anzahl Implantate:.....												
Implantat (Regio)														
Plaque-Index														
ST (mm)	o	d m v												
	d													
	m													
BoP (+)	o	d m v												
	d													
	m													
Periotest														
Lockerungsgrad														
Periimplantäre Infektion Ja/Nein														
Keratinisierte Gingiva Ja/Nein														

Implantatverlust **JA** **NEIN**

Wenn JA: Regio:

 Wann:

 Warum?.....

8.6 Votum der Ethik-Kommission AZ 202/15



Ethik-Kommission, Klinikstr. 29 (Alte Chirurgie), D-35385 Gießen

Prof. Dr. Dr. H.-P. Howaldt
 Klinik und Poliklinik für MKG-Chirurgie
 Klinikstr. 33
 35385 Gießen

ETHIK-KOMMISSION
 des FB Medizin

Vorsitzender: Prof. Dr. H. Tillmanns

Klinikstr. 29 (Alte Chirurgie)
 D -35385 Gießen

Tel.: (0641)99-42470 / 47660

Fax: (0641)99-42479

E-Mail: ethik.kommission@pharma.med.uni-giessen.de

Gießen, den 14. Dezember 2018

Dr. Kr./

Votum der Ethik-Kommission AZ 202/15

Sehr geehrter Herr Prof. Dr. Dr. Howaldt,

das Projekt: **(202/15: Retrospektive klinische Studie zu enossalen Implantaten in mittels Beckenkamm augmentierten Bereichen nach 5 Jahren.)** wurde in der Sitzung am 19.11.2015 erörtert (Vortrag Herr PD Dr. Wilbrand).

Hintergrund:

Der Verlust von einem oder mehreren Zähnen hat meist deutliche Auswirkungen auf die Ästhetik und Funktion des Kauapparates. Eine gute Lösung für viele dieser Fälle ist eine Versorgung mit dentalen Implantaten. Mögliche Indikationen sind zum Beispiel Einzelzahn­lücken, Freirandsituationen und insbesondere vollständig zahnlose Kieferabschnitte. Implantate weisen häufig Vorteile gegenüber einer konventionellen prothetischen Versorgung auf. Bei Einzelzahn­lücken ist es nicht nötig, die Nachbarzähne zu präparieren. Bei Schall­lücken entfallen störende Konstruktionen wie Sublingualbügel oder Transversalbügel, und bei sonstigem schlechtsitzendem, herausnehmbarem Zahnersatz kann mit Implantaten eine festsitzende und meist komfortablere Lösung erreicht werden. Die Insertion von Implantaten ist seit 1982 von der deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) als Therapieform anerkannt.

Zahnverlust hat meist, neben den obengenannten Auswirkungen, auch eine weitere Wirkung, und zwar den Rückgang des Knochens. Diese Knochenatrophie im Bereich des fehlenden Zahnes/der fehlenden Zähne entsteht durch den Mangel an Belastung, die vorher gegeben war. Bereits 15 Wochen nach Zahnverlust beginnen ausgedehnte transversale und vertikale Resorptionsprozesse des Alveolarfortsatzes. Innerhalb des ersten Jahres nach Zahnverlust findet die am meisten ausgeprägte Atrophie statt. Der nachfolgende Knochenabbau geht langsamer voran. Eine schleimhautgetragene Prothese kann durch eine sogenannte Druckatrophie sogar den Knochenabbau beschleunigen. Ist demnach nach Zahnverlust zu lange mit einer Implantation gewartet worden, schrumpft das Knochenangebot. Da zum Einsetzen von Implantaten ein Mindestangebot von Knochen von etwa 10-12 mm Höhe gegeben sein muß, führt das zur nächsten Thematik, der Kieferaugmentation, dem Aufbau des Kieferknochens.

Wenn ein Zahnarzt das Knochenangebot für zu wenig erachtet und sich zu einer Kieferaugmentation entschließt, hat er/sie mehrere Entscheidungen zu treffen. Eine Entscheidung ist die Art der Augmentation. Zu nennen sind die Sinusbodenelevation

(Sinuslift), die Auflagerungsosteoplastik (Onlay) und die Sandwichtechnik. Es gibt zusätzlich noch die Verfahren des Bone Splitting, der Le Fort-I-Osteotomie und der Distraction; diese können auch ohne Knochentransplantate durchgeführt werden.

Zum Aufbau kann Knochenersatzmaterial, also alloplastisches Material, oder autogener Knochen verwendet werden. Als Augmentationsmaterial der Wahl gilt autogener Knochen, also vom Patienten selbst. Es gibt mehr Entnahmestellen für diese Knochentransplantate, wie zum Beispiel den Kieferwinkel, die Tabula externa der Schädelkalotte, die Fibula, die Scapula oder der Beckenkamm. Größe und Beschaffenheit des knöchernen Defektes bestimmen die Wahl des Entnahmeortes. Bei der Knochentransplantation unterscheidet man die freie (nicht vaskularisierte) Knochentransplantation von der gefäßgestielten (vaskularisierten) Knochentransplantation. Im Unterschied zur freien Knochentransplantation bleibt die Blutversorgung bei der gefäßgestielten Knochentransplantation erhalten.

Knochentransplantate können auch verwendet werden, um Knochendefekte nach einer Zahn- oder Zystenentfernung aufzufüllen. Defekte mit einem Durchmesser unter 1,5 cm haben das Potenzial, selbst auszuheilen. Für größere Defekte ist folglich eine Auffüllung mit Knochenmaterial zu empfehlen.

Zielsetzung der Studie:

Diese retrospektive Studie beschäftigt sich mit dem langfristigen Effekt von Beckenkammtransplantaten im Kieferbereich, die mit enossalen Implantaten versorgt wurden.

Hauptfragestellung:

1. Wie hoch ist die Erfolgsrate nach Buser bei Implantaten mit einer Verweildauer von über 5 Jahren im mittels Beckenkammtransplantaten augmentierten Kieferbereich, bzw. wie hoch ist die Implantatverlustrate?

Nebenfragestellungen:

2. Ist eine erhöhte Lockerung der Implantate nach 5 Jahren mit dem Periotest nachzuweisen?
3. Wie hoch ist die Zufriedenheit der Patienten mit der damals durchgeführten Behandlung?
4. Gibt es einen geschlechtsabhängigen Unterschied beim Knochenverlust?
5. Wie hoch ist der Knochenverlust in unmittelbarer Umgebung der Implantate von freien Beckenkammtransplantaten nach einer Verweildauer von über 5 Jahren einzuschätzen?

Hypothesen:

- Nach den Kriterien von Buser werden die meisten Implantate in Beckenkammtransplantaten auch nach mindestens 5 Jahren einen Erfolg darstellen, und demnach wird dies den Goldstandard von Beckenkammtransplantaten bestätigen.
- Der durchschnittliche Knochenverlust wird einen ungefähren Wert von $2 \pm 0,2$ mm haben.

Konsequenz:

Diese Studie soll die Augmentation mit Beckenkammtransplantaten als Goldstandard bestätigen. Sollte die Mehrzahl der Ergebnisse jedoch darauf hinweisen, daß man nicht von einem Langzeiterfolg bei der Behandlung sprechen kann, könnte sie den Anstoß geben, nach einem neuen, besseren Verfahren zu suchen.

Die Verwendung von Beckenkammtransplantaten ist in der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie sehr vielseitig. In dieser Studie wird sich auf die Verfahren zur Kieferaugmentation und Defektfüllung konzentriert.

Um die Oralfunktion wiederherzustellen und um eine Resorption des transplantierten Knochens zu vermeiden, wurden enossale Implantate in den transplantierten Knochen

platziert. Die Erfolgsquote dieser Implantate ist in den ersten 5 Jahren sehr hoch und war bereits häufiger das Thema verschiedener Studien.

Eine Studie, die in Erlangen durchgeführt wurde, hatte als Studienziel die Erfolgsrate von enossalen Implantaten in Beckenkamm-, Fibula- und Kieferknochentransplantaten, die vor 3-11 Jahren bei Patienten mit Krebserkrankungen in der Mundhöhle eingesetzt wurden. Auch in einer Studie aus Düsseldorf, in der man sich mit den verschiedenen Möglichkeiten von Beckenkammtransplantaten zur Augmentation und Kieferrekonstruktion beschäftigt, liegt ein Nebenfokus auf Patienten, bei denen ein maligner Tumor oder ähnliches entfernt wurde. Ein Ergebnis der Studie war, dass eine Strahlentherapie im Kopf-Hals-Bereich einen erheblichen negativen Effekt auf die Knochenheilung und die Erfolgsaussichten hat. Deswegen werden in der hier geplanten Studie keine Patienten teilnehmen, die im Kopf-Hals-Bereich einer Bestrahlungstherapie ausgesetzt waren. In einer niederländischen Studie ging es um die Erfolgsrate von nur 2 Implantaten in Beckenkammtransplantaten, die 5-12 Jahre vorher eingesetzt wurden. Diese Studie ist der geplanten recht ähnlich, aber die Zahl der Implantate ist auf nur zwei pro Patient beschränkt, und die Knochenhöhe wird nur an einem Punkt gemessen, an der Unterkiefersymphyse. Der Zeitraum 8-12 Jahre spielt in einer chinesischen Studie eine Rolle, aber bei dieser Studie wurden vaskularisierte Beckenkammtransplantate untersucht. Der eigentliche Fokus der chinesischen Studie liegt auf dem Vergleich zweier zeitlich unterschiedlicher Verfahren, die Implantate einzusetzen.

Die Studie, die der geplanten am ähnlichsten ist, ist eine Studie aus Freiburg/Berlin, die erst im April 2015 veröffentlicht wurde. Dort wurden Patienten, bei denen eine Beckenkammtransplantation vor 12 -165 Monaten vorgenommen worden war, untersucht, und auch dort war der Fokus auf dem Knochenverlust und der Implantaterfolgsrate. Es wurden jedoch nur 32 Patienten untersucht, und teilweise lag der Zeitpunkt der Operation weniger als 5 Jahre zurück; so ist ein Langzeiterfolg von über 5 Jahren eher schwierig zu beurteilen. Des Weiteren fand man dort einen signifikanten Unterschied beim Knochenverlust zwischen Männern und Frauen.

Das Patientenkollektiv wurde durch die Einsicht der Op.-Pläne der vergangenen 15 Jahre ermittelt. Alle Patienten, die eine Augmentation mittels Beckenkammtransplantat und in diesen Bereich enossale Implantate erhalten haben, wurden herausgesucht. Es handelt sich um eine Gruppe von 164 Patienten, die zum Zeitpunkt der Implantation ein Alter zwischen 19 und 77 Jahren aufwiesen (69 Männer und 93 Frauen).

Einschlusskriterien:

Alle Patienten müssen vor mindestens 5 Jahren eine autologe freie Beckenkammtransplantation mit enossalen Implantaten im Gießener Universitätsklinikum erhalten haben.

Ausschlusskriterien:

Die Patienten sollen im Kopf-Hals-Bereich keiner Strahlentherapie ausgesetzt gewesen sein. Weitere Ausschlussfaktoren sind Rauchen, Alkoholabusus, Einnahme von Bisphosphonaten und schlechte Mundhygiene. Bei weiblichen Patienten ist die Schwangerschaft ebenfalls ein Ausschlusskriterium.

Primärer Zielparameter:

Die Implantaterfolgsrate wird der Primärparameter dieser Studie sein. Die Bestimmung des Implantationserfolges wird nach den Kriterien von Buser erfolgen.

Die Kriterien wurden in einem 1990 veröffentlichten Beitrag beschrieben. Sie lauten wie folgt:

1. Abwesenheit persistierender Beschwerden wie Schmerz, Fremdkörpergefühl oder Dysästhesie.
2. Es liegt keine rezidivierende periimplantäre Infektion mit putriden Sekretion vor.
3. Es liegt keine Mobilität des Implantats vor.
4. Es findet sich keine kontinuierliche periimplantäre Radiotransluzenz.
5. Möglichkeit einer Wiederherstellung der vorher beschriebenen Kriterien.

Sekundäre Parameter:

Implantatsverlust:

Die Patienten werden gefragt, ob sie im Laufe der Zeit einen Implantatsverlust erlitten haben; gegebenenfalls kann dies auch in der Patientenakte nachgeschaut werden. Anzahl und Datum des Verlusts wird dokumentiert.

Knochenverlust:

Nach der Augmentations-Op. wurde ein Orthopantomogramm (OPG) gemacht; am Untersuchungstermin dieser Studie wird auch ein OPG erstellt. Bestimmt wird der Knochenverlust durch einen Vergleich der Röntgenbilder. Die vertikale Knochenhöhe wird im Bereich der Implantate gemessen und mit der Region des älteren Bildes verglichen. Die Differenz ergibt den Knochenverlust.

Periotest:

Für die Bewertung der Osseointegration der Implantate wird ein Periotest-Gerät der deutschen Firma Medizintechnik Gulden verwendet. Das Gerät zeigt nach Applikation an einem Implantat Zahlenwerte von -8 bis +50 an, wobei Werte von -8 bis 0 für eine gute Integration des Implantats im Knochen sprechen. Implantate mit Werten von +1 bis +9 sollten nochmals klinisch überprüft werden, Werte von +10 bis +50 sprechen für eine mangelnde Knochenintegration des Implantats. Die Werte werden an jedem Implantat erfaßt und dokumentiert. Dies geschieht allerdings erst, nachdem mit dem Gerät dreimal in Folge der gleiche Wert gemessen wurde.

Sondierungstiefe:

Die Sondierungstiefen werden an jedem Implantat mithilfe einer Kunststoffsonde mesial und distal gemessen und in ganzzahligen Millimeterangaben dokumentiert.

Papillen-Blutungs-Index:

Sollte beim Messen der Sondierungstiefen eine Blutung auftreten, wird diese mit einem „+“ dokumentiert.

Plaque-Index:

In dieser Studie wird der modifizierte Plaque-Index nach Mombelli benutzt, da dieser für die Plaquekontrolle bei Implantaten konzipiert ist. Er wird in vier verschiedene Grade mit den folgenden Ausprägungen unterteilt:

Grad 0: Keine Plaque durch Inspektion und Sondierung zu erkennen.

Grad 1: Ansammlung von Plaque, die nur durch Sondierung des Sulkus sichtbar wird.

Grad 2: Sichtbare Plaqueablagerung.

Grad 3: Massive Plaqueablagerung.

Lockerungsgrad:

Zusätzlich zu den Periotest-Werten wird der Lockerungsgrad an jedem Implantat bestimmt und dokumentiert. Die Unterscheidung erfolgt in Grad 0 bis III:

Grad 0: Keine erhöhte Beweglichkeit.

Grad I: Fühlbare oder sichtbare horizontale Beweglichkeit bis 1 mm.

Grad II: Sichtbare Beweglichkeit über 1 mm horizontal.

Grad III: Bewegung durch Zungen- oder Lippendruck.

Zufriedenheit:

Die Zufriedenheit wird durch einen Oral Health Impact Profile-14-Fragebogen erfragt und dokumentiert.

Die statistische Bearbeitung und Auswertung der Daten wird durch die Arbeitsgruppe Medizinische Statistik am Institut für Medizinische Informatik nach Beendigung der Untersuchungen durchgeführt.

Seitens der Ethikkommission bestehen keinerlei Einwände gegen die klinisch wichtige, retrospektive Analyse (Promotionsarbeit von Lucas Schilling).

Mit freundlichen Grüßen


Prof. Dr. H. Tillmanns, Vorsitzender der Ethik-Kommission

9. Publikationsverzeichnis

1. Publikationsart: Poster
 Autoren: S. Attia, L. Schilling, H. Schaaf, P. Streckbein, A. May, D. Schmermund, J. F. Wilbrand, C. Kähling, H. P. Howaldt
 Titel: A Retrospective 5- to 15- Years Clinical Study of Dental Implants After Alveolar Ridge Augmentation With Iliac Crest Graft
 Ort: The 23rd European Association for Cranio-Maxillo-Facial-Surgery Congress, EACMFS 2016, London
 Jahr: 2016

Es erfolgte eine Veröffentlichung der Teilergebnisse

2. Publikationsart: Vortrag
 Autoren: May, Andreas; Schilling, Lucas; Attia, Sameh; Schaaf, Heidrun; Schmermund, Daniel; Streckbein, Philipp; Wilbrand, Jan-Falco; Howaldt, Hans-Peter
 Titel: Langzeit- Überleben- und Erfolgsrate von Implantatversorgungen nach augmentativen Verfahren mittels autologem Beckenkammtransplantat
 Ort: 67. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Kieferchirurgie & 38. Jahrestagung des Arbeitskreises für Oralpathologie und Oralmedizin, Bad Homburg
 Jahr: 2017

Poster des EACMFS 2016 in London



A Retrospective 5- to 15- Years Clinical Study of Dental Implants After Alveolar Ridge Augmentation With Iliac Crest Graft

S. Attia ¹, L. Schilling ¹, H. Schaaf ², P. Streckbein ¹, A. May ¹, D. Schmermund ¹, J.F. Wilbrand ¹, C. Kähling ¹, H.P. Howaldt ¹

¹University Hospital Giessen, Oral and Maxillofacial Surgery, Giessen, Germany
²MKG am Theater, Maxillofacial Surgery, Giessen, Germany

The purpose of this retrospective study is to evaluate the survival and success rates of dental implants, which were placed in areas that were augmented with iliac bone grafts, after a minimum of 5 years functional loading.

65 patients (mean age 59 years; range 28-90 years, 21 males and 45 females) who received an alveolar augmentation or sinus lift between 12/2001 - 11/2010 were clinically examined in terms of plaque level, periotest, probing depth, bleeding on probing, mobility and implants loss. A panoramic radiograph was taken to evaluate the implants and the peri-implant bone level.

	Iliac crest	Original Jaw	Total
Number of Implants	369	66	435
Maxilla	291	1	292
Mandible	78	65	143
Average survival of Implants	123,4 months	126 months	123,8 months
Implants loss % Maxilla	3,64% (11)	0% (0)	3,64% (11)
Implants loss %Mandible	4,88% (4)	7,15% (5)	5,9% (9)
Success % Maxilla	96,36 % (280)	100 % (1)	96,4 % (280)
Success % Mandible	95,12% (74)	92,85% (60)	94,08% (134)

Table1: Number of inserted implants,implants loss and success rate



Fig.1: Patient with atrophic upper jaw treated with iliac crest graft and dental implants

A total of 435 implants were placed, 369 of these were placed in an augmented area (78 in the mandible and 291 in the maxilla). 15 implants were lost and explanted. The mean time since implantation was 123 months (range 60-189 months). Success rate for maxilla: 96,3 % (280 of 291), success rate for mandible: 95,1% (74 of 78).

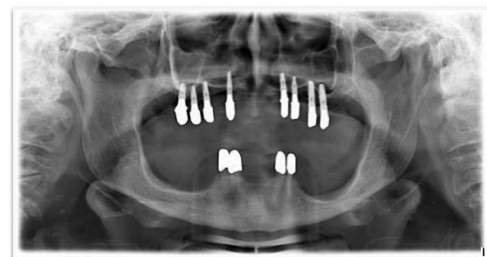


Fig.2: Panoramic radiograph of the same patient 13 years after treatment

The results show a very high success rate of inserted dental implants in iliac crest bone graft. This indicates that iliac bone is the gold standard be used for augmentation of severely atrophic areas of the jaw.



Fig.3: Extra-oral photograph of the same patient: Before treatment after treatment

10. Ehrenwörtliche Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

11. Danksagung

Ich möchte mich zuerst bedanken bei Prof. Dr. Dr. Hans–Peter Howaldt für die freundliche Unterstützung und für das Überlassen des spannenden Promotionsthemas.

Besonderen Dank gilt PD. Dr. Sameh Attia, zunächst als Betreuer und dann als Doktorvater, für seine Unterstützung und sein Engagement.

Dr. Jörn Pons-Kühnemann möchte ich für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung bei der statistischen Auswertung danken.

Ich danke ebenfalls Dr. Katharina Mausbach, Dr. Dr. Michael Knitschke und PD Dr. Dr. Heidrun Schaaf für ihre Unterstützung. Für die gute Zusammenarbeit gilt mein Dank auch der gesamten Abteilungen der Oralchirurgie und Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Für die Unterstützung und ein freundschaftliches Miteinander möchte ich mich bei meiner Arbeitsgruppe Dr. Clara Naberhaus, Dr. Ella Schaper und Dr. Jonas Diefenbach bedanken.

Bei Dr. Benedikt Weiß möchte ich mich für seine Hilfe und Unterstützung bedanken.

Mein Dank gilt meiner Familie ganz besonders meinen Eltern, Monika und Wolfgang Schilling, für ihre Unterstützung und Liebe nicht nur bei dieser Arbeit, sondern mein Leben lang.

Tief verbunden und dankbar bin ich meiner Verlobten, Juliane Röder, für ihre unglaubliche Unterstützung bei der Anfertigung dieser Doktorarbeit.