

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische
Operationen

der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Einfluss der Schraubengeometrie auf das Überleben von dentalen Implantaten mit
Bone-Level-Design; Eine retrospektive Untersuchung von 2007-2019

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der
Zahnmedizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Hannah Louisa Nienhaus
aus Mainz

Mainz, 2023

Wissenschaftlicher Vorstand:

1. Gutachter:

2. Gutachter:

Tag der Promotion:

13. Februar 2024

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
1 Einleitung.....	1
2 Literaturdiskussion.....	3
2.1 Enossale Implantate.....	3
2.1.1 Geschichte der Implantologie.....	3
2.1.2 Aufbau eines enossalen Implantats.....	5
2.1.3 BL und BLT Implantate.....	6
2.2 Beeinflussende Faktoren.....	6
2.2.1 Risikofaktoren des Patientenkollektivs.....	7
2.2.2 Länge und Durchmesser.....	8
2.2.3 Zeitpunkt der Implantation.....	8
2.2.4 Einheilmodus.....	9
2.2.5 Augmentationsmaterialien.....	10
2.2.6 Augmentationstechniken.....	11
3 Material und Methoden.....	14
3.1 Studiendesign.....	14
3.2 Methoden.....	14
3.3 Röntgenologische Auswertung.....	14
3.4 Patientendaten.....	15
3.5 Datenauswertung.....	16
4 Ergebnisse.....	17
4.1 Patientenkollektiv.....	17
4.1.1 Demographische Daten.....	17
4.1.2 Risikofaktoren.....	18
4.2 Implantatbezogene Daten.....	21
4.2.1 Durchmesser und Länge.....	21
4.2.2 Implantatregion.....	24

4.2.3	Zeitpunkt der Implantation.....	29
4.2.4	Einheilmodus.....	31
4.2.5	Implantatlager	32
4.2.6	Antibiotikagabe.....	36
4.3	Implantatüberleben	38
4.3.1	Nachbeobachtungszeitraum und Zeitpunkt Implantatverlusts	38
4.3.2	Knochenabbau.....	38
4.3.3	Gesamtüberleben.....	40
4.4	Einfluss verschiedener Faktoren.....	41
4.4.1	Geschlecht	41
4.4.2	Risikofaktoren	42
4.4.3	Implantatdurchmesser ($\leq 3,3\text{mm}$ vs. $\geq 4,1\text{mm}$).....	44
4.4.4	Implantatlänge ($\leq 8\text{mm}$ vs. $\geq 10\text{mm}$).....	46
4.4.5	Frontzahn vs. Seitenzahn	48
4.4.6	Oberkiefer vs. Unterkiefer	51
4.4.7	Implantationszeitpunkt	52
4.4.8	Einheilmodus.....	54
4.4.9	Augmentation.....	56
5	Diskussion	59
5.1	Implantatüberleben und Implantaterfolg	59
5.1.1	Implantatüberleben	59
5.1.2	Implantaterfolg	61
5.2	Einflussfaktoren auf das Implantatüberleben und Knochenabbau.....	62
5.2.1	Geschlecht	62
5.2.2	Risikofaktoren	63
5.2.3	Implantatdurchmesser.....	64
5.2.4	Implantatlänge.....	65
5.2.5	Frontzahn vs. Seitenzahn	65
5.2.6	Oberkiefer vs. Unterkiefer	66
5.2.7	Implantationszeitpunkt	67

5.2.8	Einheilmodus.....	68
5.2.9	Augmentation.....	69
6	Zusammenfassung	71
7	Literaturverzeichnis.....	73
8	Danksagung.....	79
9	Tabellarischer Lebenslauf.....	80

Abkürzungsverzeichnis

BL.....	<i>Bone-Level</i>
BLT.....	<i>Bone-Level-Tapered</i>
CAD-CAM.....	<i>computer-aided design; computer-aided manufacturing</i>
GBR.....	<i>Guided Bone Regeneration</i>
ITI.....	<i>International Team for Implantology</i>
MRONJ.....	<i>medikamentenassoziierte Osteonekrose</i>
<i>PK BL</i>	<i>Patientenkollektiv mit Bone-Level Implantaten</i>
<i>PK BLT</i>	<i>Patientenkollektiv mit Bone-Level-Tapered Implantaten</i>
PK gesamt.....	<i>Patientenkollektiv gesamt</i>
SLA.....	<i>Sand-blasted large Grit acid-etched</i>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Alter bei Implantation für weibliche Patienten für PK gesamt	17
Abbildung 2 Alter bei Implantation für männliche Patienten für PK gesamt.....	18
Abbildung 3 verwendete Durchmesser für PK gesamt	21
Abbildung 4 verwendete Längen für PK gesamt.....	23
Abbildung 5 Implantationsregion für PK gesamt	28
Abbildung 6 Implantationszeitpunkt für PK gesamt.....	30
Abbildung 7 Einheilmodus für PK gesamt.....	31
Abbildung 8 Augmentationsmethoden für PK gesamt	34
Abbildung 9 Augmentationsmaterial für PK gesamt.....	35
Abbildung 10 Überlebenskurve für PK BLT und PK BL	41

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Risikofaktoren für alle PK	19
Tabelle 2 Risikofaktoren getrennt nach Geschlecht für alle PK	20
Tabelle 3 Aufschlüsselung der Durchmesser für PK BLT und PK BL	22
Tabelle 4 Aufschlüsselung der Längen für PK BLT und PK BL	24
Tabelle 5 Verteilung Front-/ Seitenzahn für PK BLT und PK BL	25
Tabelle 6 Kreuztabelle Front-/Seitenzahn und Implantatdurchmesser für PK gesamt	25
Tabelle 7 Kreuztabelle Front-/Seitenzahn und Implantatlänge für PK gesamt	26
Tabelle 8 Verteilung Ober-/ Unterkiefer für PK BLT und PK BL	26
Tabelle 9 Kreuztabelle OK/UK und Implantatdurchmesser für PK gesamt	27
Tabelle 10 Kreuztabelle OK/UK und Implantatlänge für PK gesamt	27
Tabelle 11 Implantationsregion für PK BLT und PK BL	28
Tabelle 12 Implantationszeitpunkt für PK BLT und PK BL	31
Tabelle 13 Einheilmodus für PK BLT und PK BL	32
Tabelle 14 erste Augmentation für PK BLT und PK BL	33
Tabelle 15 Augmentationsmethoden für PK BLT und PK BL	34
Tabelle 16 Augmentationsmaterialien für PK BLT und PK BL	36
Tabelle 17 Dauer der Antibiotikagabe für PK BLT und PK BL in Tagen	37
Tabelle 18 mesialer Knochenabbau für alle PK	38
Tabelle 19 distaler Knochenabbau für alle PK	39
Tabelle 20 durchschnittlicher Knochenabbau für alle PK	39
Tabelle 21 mesialer Knochenabbau für alle PK in drei Klassen	39
Tabelle 22 distaler Knochenabbau für alle PK in drei Klassen	39
Tabelle 23 durchschnittlicher Knochenabbau für alle PK in drei Klassen	40
Tabelle 24 Implantatüberleben für alle PK	40
Tabelle 25 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Geschlecht	42
Tabelle 26 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Risikofaktoren	44
Tabelle 27 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Implantatdurchmesser	46
Tabelle 28 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Implantatlänge	48
Tabelle 29 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Frontzahn vs. Seitenzahn	50
Tabelle 30 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Oberkiefer vs. Unterkiefer	52
Tabelle 31 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Implantationszeitpunkt	54
Tabelle 32 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Einheilmodus	56
Tabelle 33 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Augmentation	58
Tabelle 34 Health Scale [84]	61

1 Einleitung

Die Vorhersagbarkeit und der Langzeiterfolg von Implantaten sind sowohl für herausnehmbaren als auch festsitzenden Zahnersatz gut dokumentiert. Dahingehend sind Erfolgsraten von über 90 % für teilbezahnte und zahnlose Patienten beschrieben [1, 2]. Somit hat sich die Implantologie im Laufe der letzten 50 Jahre von einer experimentellen Technik zu einer großflächig eingesetzten Möglichkeit entwickelt, fehlende Zähne durch Implantate zu ersetzen [3].

Pro Jahr werden circa 1,3 Millionen Implantate in Deutschland implantiert [4]. Durch den demografischen Wandel und der vielfältigen Indikationsstellung für Zahnimplantate, werden viele Risikopatienten versorgt [5, 6]. In vielen Studien werden allerdings strenge Exklusionskriterien angewandt, was die Übertragung der Ergebnisse auf die Allgemeinheit erschwert. So werden beispielsweise Patienten mit Parodontalerkrankungen, Diabetes, geringem Knochenvolumen, Parafunktionen oder Raucher ausgeschlossen [7]. Dies stellt auch eine Motivationsgrundlage für diese Arbeit dar. Das Ziel ist hier die Untersuchung von Implantaten unter verschiedenen realen Bedingungen, ohne Ausschluss von Patienten mit Risikoprofil.

Der Erfolg einer Implantation wird stark von der Primärstabilität geprägt [8]. Die für den Knochenkontakt zur Verfügung stehende Knochenoberfläche wird nachweislich von Gewindedesign, Oberflächenrauigkeit, Länge und Durchmesser der Implantatbefestigung beeinflusst. Aus diesem Grund ist es wichtig, Implantate mit Implantatmerkmalen, die die Oberfläche maximieren auszuwählen, insbesondere in Regionen mit schlechter Knochenqualität [9]. In der Vergangenheit wurden verschiedene Designs erprobt, mit dem Ergebnis, dass konisch zulaufende Implantate bessere Ergebnisse hinsichtlich der Primärstabilität erzielen [10, 11]. Dieser Zusammenhang soll in der hier durchgeführten retrospektiven Studie durch den Vergleich von einem konischen mit einem zylindrischen Implantatdesign weiter untersucht werden.

Bei den hier untersuchten Implantaten handelt es sich um zwei Implantatsysteme mit Bone-Level-Design der Firma Straumann. In der vorliegenden Dissertationsschrift sollen die Implantate einzeln betrachtet und in den Vergleich miteinander gestellt werden. Hierbei wird sowohl das Implantatüberleben als auch der Implantaterfolg betrachtet. Zudem wird der Einfluss verschiedener Faktoren auf diese untersucht. Diese Faktoren sind implantatbezogene Daten wie Länge und Durchmesser, sowie patientenbezogene Gesichtspunkte wie das Alter oder vorliegende Erkrankungen.

Das Ziel der Dissertation ist es die Implantatsysteme in die aktuelle Literatur einzuordnen und anschließend zu bewerten. Insbesondere das Bone-Level-Tapered Implantat soll weiter untersucht werden aufgrund der wenigen bisher vorhandenen Studien. Zudem soll ein besonderes Augenmerk auf die Risiken gerichtet werden, um diese zukünftig besser zu bewerten, zu minimieren und die Patienten dementsprechend zu selektieren und aufzuklären. Zuletzt ist es

das Bestreben festzustellen, ob ein Unterschied zwischen den beiden Implantatdesigns vorliegt. Die Nullhypothese hierbei lautet, dass kein Unterschied festzustellen ist.

2 Literaturdiskussion

2.1 Enossale Implantate

Dentale Implantologie bezeichnet das Einbringen von alloplastischen Materialien im Bereich des Kiefers, um eine Befestigung von Zahnersatz durch vorangegangene funktionelle Integration zu ermöglichen [12]. Enossale Implantate sind dadurch seit vielen Jahren eine etablierte Methode verlorene Zähne zu ersetzen [2, 13, 14]. Heutzutage sind eine große Anzahl an verschiedener Implantatsysteme auf dem Markt, die sich unter anderem aufgrund ihres Implantatdesigns oder der prothetischen Schnittstelle unterscheiden [15].

2.1.1 Geschichte der Implantologie

Die Geschichte der Implantologie geht bis ins 5.-6. Jahrtausend v. Chr. zurück. Viele der in diesem Zeitraum beschriebenen implantologischen Techniken lassen sich allerdings eher einer Transplantation als einer Implantation zuordnen. Eine Transplantation ist definiert als die Übertragung von lebenden Geweben von einem Spender zu einem Empfänger. Transplantiert wurden hierbei autogene, homologe oder heterologe Zähne [15]. Zu Zeiten des alten Ägypten wurden Sklaven gezwungen, ihre Zähne, im Sinne einer homologen Zahntransplantation, an Pharaonen zu spenden [16]. Insbesondere autogene Transplantationen werden auch noch heute durchgeführt, indem beispielsweise 3. Molaren an die Stelle der 1. oder 2. transplantiert werden [17].

Der erste Implantationsversuch wurde von Jourdan u. Magiolo (1807) beschrieben. Hierbei wurde direkt nach der Extraktion ein konisches Goldrohr in die Wunde eingebracht und dieses mit einer vierarmigen Kralle fixiert, sodass darauf eine Art Zahn angebracht werden konnte. Die ersten Implantationsversuche wurden im Sinne einer Sofortimplantation unternommen, sodass Younger (1886) wahrscheinlich das erste Spätimplantat setzte [15].

Im frühen 20. Jahrhundert gab es weitere Bemühungen das Implantationsverfahren weiter zu entwickeln. Während Greenfield 1913 ein korbähnliches enossales Implantat aus Iridium mit Goldlötung entwickelte, patentierte Adams ein zylindrisches Implantat mit einem Gewinde und glattem gingivalen Anteil. Weitere Implantatdesigns waren schraubenförmig verdrahtet. Auch verschiedene Materialien, insbesondere Metalle, wurden für die Implantation entdeckt wie zum Beispiel Kobalt-Chrom-Molybdän. Durch die Bemühungen die Kaufunktion des zahnlosen Patienten weiter zu verbessern, wurde das subperiosatele Implantat erfunden. Dieses wird heutzutage nicht mehr verwendet, da infolge von Mikrobewegungen das Gerüst in den Knochen absinkt und zu einem Zahnfleischrückgang führt [18].

Der Durchbruch der modernen Implantologie fand vor circa 50 Jahren statt durch die Entdeckung, dass Implantate aus Reintitan mithilfe eines direkten Knochen-Implantat-Kontakt eine Verankerung im Knochen erlangen können [3]. Brånemark, einer der wichtigsten Pioniere der modernen Implantologie, führte in den 1960er Jahren die ersten klinischen und präklinischen Studien durch [19]. Später definierte er den Begriff der Osseointegration, welcher bis heute verwendet wird [20]. Im gleichen Zeitraum dokumentierte André Schroeder den ersten direkten Knochen-Implantat-Kontakt mithilfe von histologischen Schnitten [21]. André Schroeder war unter Anderem beteiligt bei der Gründung des „International Team for Implantology Association (ITI)“ 1980, welches sich in den folgenden Jahren zur größten Vereinigung für Implantologie entwickelte [3, 22]. Eine Ergänzung dazu war die 1988 von Fritz Straumann und André Schroeder gegründete ITI-Stiftung, um Forschungsprojekte im Rahmen der Weiterentwicklung von Implantaten finanziell zu unterstützen. Seitdem besteht zwischen dem ITI und Straumann eine besondere Beziehung, in der sich das ITI auf die Bildung und Forschung fokussiert und Straumann auf die Entwicklung und Vermarktung kommerzieller Produkte, unter anderem auch die beiden hier untersuchten Implantatsysteme [22].

In den folgenden Jahren bis 1985 hatte das Team um Brånemark und Schroeder unterschiedliche Herangehensweisen. Brånemark verwendete schraubenförmige Implantate aus Titan mit einer maschinell bearbeiteten Oberfläche, welche sich eher glatt darstellte, und welche subgingival einheilten. Schroeder hingegen konzentrierte sich auf Titan-Implantate verschiedener Formen, welche zudem eine rechte raue und mikroporöse Oberfläche besaßen. Da es sich um einteilige Implantatsysteme handelte, heilten sie transgingival ein [3].

Waren anfangs die Zielgruppe dieser neuen Behandlungsform zahnlose Patienten, so rückten ab 1985 teilbezahnte Patienten in den Fokus. Folglich war auch die Herausforderung neben einer funktionellen auch eine möglichst ästhetische Versorgung zu gewährleisten [23]. Infolgedessen wurden verschiedene Techniken zur Knochenaugmentation entwickelt, wie zum Beispiel die Guided Bone Regeneration und die Sinusbodenelevation [3]. Neben dieser Entwicklung wurde die Implantatoberfläche weiter erforscht. Bei einer präklinischen Studie wurde die beste Knochenanlagerung unter den verglichenen Titanoberflächen bei einer durch Sandstrahlen und Säure-Ätz-Technik modifizierten Oberfläche beobachtet [24]. Unter anderem ausgelöst durch diese Studie folgte eine Debatte um die geeignetste Implantatoberfläche, als welche gegenwärtig die mikrorauen Implantatoberflächen gelten. Des Weiteren wurde das Sofortbelastungsprotokoll, sowie die Sofortimplantation eingeführt und diskutiert [3].

Ab dem Jahr 2000 begann eine neue Phase mit verstärktem Fokus auf Feinjustierung anstatt auf große Entwicklungen [3]. Neben der Bewertung einer Implantatbehandlung anhand von klinischen Parametern wie dem Implantatüberleben oder marginalen Knochenverlust, rücken

psychosoziale Parameter in den Vordergrund [25]. Patienten wollten über die Langzeitprognose und vorhandene Risiken informiert sein, ebenso wie über die Anzahl der chirurgischen Eingriffe, die zu erwartenden Schmerzen und die Länge und der Heilungsdauer. Zusätzlich wurde die Ästhetik stärker gewichtet [3]. Demgemäß wurden ästhetische Parameter zur Beurteilung entwickelt [26]. Zudem erweiterte sich das Wissen der Gewebebiologie nach einer vorangegangenen Extraktion. Dies führte zu einem besseren Verständnis für die ästhetischen Komplikationen nach einer Sofortimplantation. Weitere Forschungspunkte waren der Einsatz von Knochenersatzmaterialien bei der Guided Bone Regeneration und der Sinusbodenelevation. Die Vor- und Nachteile dieser werden im Absatz 2.2.5 weiter ausgeführt [3].

2.1.2 Aufbau eines enossalen Implantats

Implantate werden unterteilt in einteilige und zweiteilige Implantatsysteme. Im Gegensatz zu einteiligen Implantaten, sind bei zweiteiligen Implantatsystemen das Abutment und der Implantatkörper getrennt. So müssen einteilige Implantatsysteme immer transgingival einheilen, während bei zweiteiligen Systemen auch die Option einer subgingivalen Einheilung besteht. Bei den Implantatkörpern kann zwischen parallelen Designs und wurzelförmigen Designs unterschieden werden. Zusätzlich gibt es verschiedene Gewindegeometrien [27].

Als Implantatdesign wird die dreidimensionale Struktur des Implantats bezeichnet. Implantate lassen sich nach vielen Merkmalen unterteilen. Sie können anhand ihres Gewindes, ihrer Kontur, welche sich parallel, konisch oder abgestuft darstellen kann, und der Art der prothetischen Verbindung unterschieden werden. Die Auswirkungen auf die Osseointegration können mithilfe von histologischer Bewertung und mechanischen Tests beurteilt werden [9]. Allerdings gibt es keine etablierten Messstandards, sodass die klinische Beurteilung in der Regel auf Erfahrung und subjektiver Beurteilung beruht [10]. Es ist nachgewiesen das Gewindedesign, Oberflächenrauigkeit, Länge und Durchmesser der Implantatkörper die für den Knochenkontakt verfügbare Oberfläche beeinflussen [9].

In der Implantologie werden vorwiegend zwei verschiedene Werkstoffe verwendet. Dies sind Titan bzw. Titanlegierungen, welche hauptsächlich verwendet werden, sowie Keramiken, die nur einen sehr kleinen prozentualen Anteil der Eingesetzten Implantaten ausmachen. Die Implantatoberfläche wird nach unterschiedlichen Herstellungsprozessen unterteilt. Es gibt glatte Oberflächen, welche keinen direkten Knochenkontakt aufweisen. Diese sind so für den Bereich des Implantats geeignet, welcher Kontakt mit der Schleimhaut aufweist. Die glatten Oberflächen können weiterbearbeitet werden. So gibt es maschinell geätzte Implantate, Implantate, welche mit Edelmetall abgestrahlt wurden und welche die anschließend noch eine Säurebehandlung erhalten. Wichtig hierbei sind die vorhandenen hersteller- und materialbezogenen

Abweichungen. Die Osseointegration könnte negativ von z.B. Strahlenrückständen beeinflusst werden [27].

2.1.3 BL und BLT Implantate

Bone-Level (BL) und Bone-Level-Tapered (BLT) sind zwei Implantatsysteme, die in dieser Arbeit alleine und im Vergleich betrachtet werden. Dies sind beides Implantatdesigns, welche eine Behandlung auf Knochenniveau ermöglichen [28].

Das BL Implantat ist seit 2007 auf dem Markt [29]. Es weist eine zylindrische äußere Struktur mit einer Gewindesteigerung von 0,8mm auf, welche sich im koronalen Teil konisch erweitert [28]. Die Oberfläche ist die sogenannte SLActive Implantatoberfläche [29], welche die Osseointegration im Vergleich zur SLA-Oberfläche beschleunigt [30]. In Bezug auf die implantat-prothetische Verbindung, liegt hier ein Platform-Switching vor. Durch Verwendung eines kleineren Durchmessers beim Abutment wird die Schnittstelle zwischen Implantat und Abutment weiter vom Rand der Implantatplattform entfernt [29]. In mehreren Studien wurden für dieses Implantatsystem bereits eine hohe Überlebensrate, ein geringer marginaler Knochenverlust und gute klinische und ästhetische Ergebnisse nachgewiesen [29, 31, 32].

Das BLT Implantat wurde 2015 eingeführt. Es zeichnet sich durch ein apikal konisches selbstschneidendes Design aus [28]. Zudem weist es eine sandgestrahlte, großkörnige, säuregeätzte Oberfläche und ebenfalls wie das BL Implantat ein Platform-Switching auf. Es liegen bislang nur wenige Studien bezüglich dieses Implantatsystems vor. Meijndert et al. untersuchte 30 BLT Implantate, welche in Patienten mit einer Einzelzahnücke in der anterioren Maxilla inseriert wurden. Nach einem Jahr Nachbeobachtungszeit konnte eine Überlebensrate von 100% und ab sieben Monaten keine signifikante Änderung des Knochenniveaus beobachtet werden [33]. Pariente et al. beobachtete 50 Implantate in 33 teilbezahnten Patienten über zwei Jahre. Diese Implantate wurden im posterioren Oberkiefer gesetzt. Während der Nachbeobachtungszeit versagte ein Implantat und nach drei Monaten war der Knochenverlust statistisch nicht signifikant. Es konnten keine mechanischen und biologischen Komplikation dokumentiert werden [34].

2.2 Beeinflussende Faktoren

Das Erkennen von möglichen Risikofaktoren für einen frühzeitigen Implantatverlust kann dazu führen, dass in Zukunft die Häufigkeit des Versagens verringert und somit die Therapie optimiert wird [35]. Somit werden einige potenziell beeinflussende Faktoren auf das Implantatüberleben und den Implantaterfolg in den nächsten Absätzen näher betrachtet.

2.2.1 Risikofaktoren des Patientenkollektivs

Verschiedene Risikofaktoren wie das Alter, Rauchen, Parodontitis oder die Einnahme von Antiresorptiva werden diskutiert, wobei einige bereits bewiesen oder widerlegt wurden.

Das Alter allein stellt nach vielen Studien keine Kontraindikation dar, da eine Implantattherapie als vorhersagbare langfristige Option mit hohen Überlebensraten und minimalen Komplikationen bei älteren Patienten bereits dokumentiert ist [36]. Allerdings nehmen mit steigendem Alter oft die Risikofaktoren zu [37]. Einer dieser Faktoren sind systemische Erkrankungen wie Diabetes Mellitus. Widersprüchlich ist noch, inwiefern diese einen Einfluss haben. Es werden sowohl Auswirkungen auf das Implantatüberleben aufgezeigt [1], als auch keine bzw. geringe nachgewiesen [38, 39]. Der Diabetes-Typ, die Art der Therapie, der HbA1c und die Dauer der Erkrankung, dürfen bei der Evaluierung des Risikos nicht unbeachtet bleiben [39].

Ein weiterer patientenbezogener Risikofaktor ist die Einnahme von Antiresorptiva. Bei Patienten, die eine hochdosierte intravenöse Therapie erhalten, aufgrund von Brust- und Prostatakrebs oder multiplen Myelom, ist eine Implantattherapie oft kontraindiziert durch das stark erhöhte Risiko einer medikamentenassoziierte Osteonekrose (MRONJ) des Kiefers [40]. Osteoporose-Patienten erhalten dagegen viel niedrigere Dosen. Somit ist auch das Risiko geringer für die Entwicklung einer MRONJ. In den meisten Studien, die nur Implantattherapien bei Osteoporose-Patienten betrachten, konnte im Nachbeobachtungszeitraum keine Fälle von der hier so benannten Bisphosphonat-assoziierte Osteonekrose beobachtet werden. Nach einer individuellen Risikobewertung und Aufklärung, ist die Implantation damit eine mögliche Therapieoption [41].

Zudem wurde die Auswirkung einer Strahlentherapie im Kopf- und Halsbereich untersucht. In den meisten Studien werden die Implantate mehr als 12 Monate nach der Therapie inseriert und werden mit einer geringeren Überlebensrate in Verbindung gebracht [6]. In einer Metaanalyse von Schiegnitz et al. aus dem Jahr 2014 konnte ein vergleichbares Implantatüberleben bei Studien zwischen 2007-2013 nachgewiesen werden. Als negativer prognostischer Faktor wurde die Kombination von transplantiertem Knochen und Strahlentherapie in Betracht gezogen [42].

In zahlreichen Studien wird auch der negative Einfluss von Rauchen auf die Anzahl der Explantation, Auftreten postoperativer Infektionen, sowie marginalen Knochenverlust beschrieben [43-45]. Ein weiterer untersuchter Faktor ist die Auswirkung einer Parodontitis. Viele Hinweise deuten darauf hin, dass Patienten ohne Parodontitis bessere Erfolge bei der Implantattherapie erzielen als Patienten mit einer Parodontitis [46, 47].

2.2.2 Länge und Durchmesser

In der Vergangenheit wurden meistens Implantate mit einem Standarddurchmesser verwendet. Das heißt, sie hatten einen Durchmesser zwischen 3,75 mm und 4,1 mm. Hierfür existieren sehr gute Langzeitergebnisse. Komplikationen, wie die Fraktur eines Implantatkörpers oder des Abutments, treten sehr selten auf. Allerdings muss ausreichend Knochenbreite, sowohl in Breite und Länge des Kiefers, vorhanden sein. Eine Lösung in Situationen, in denen nicht ausreichend Knochen vorhanden ist, ist die Verwendung von Implantaten mit schmalen Durchmessern ($\leq 3,5\text{mm}$). So können Augmentation vermieden werden, was zum Vorteil für Patienten mit Allgemeinerkrankungen ist und die Zeit und den Aufwand der Implantattherapie nicht verlängert. Risiken bei der Verwendung von schmalen Implantaten sind erhöhte Spannungen im Bereich der Implantat-Knochen-Schnittstelle, welche möglicherweise zu einer periimplantären krestalen Knochenresorption führen kann. Zudem ist das Implantat selbst anfälliger für Ermüdungsbrüche. Bezogen auf das Implantatüberleben stellen sich die Überlebensraten von Implantaten mit einem schmalen Durchmesser zu Standarddurchmessern ähnlich dar [48].

Auch bei der Implantatlänge kann zwischen kurzen Implantaten ($<7\text{mm}$) und Standardimplantaten unterschieden werden. Der Einsatz von kurzen Implantaten kann indiziert sein, wenn nicht ausreichend Knochenvolumen vorhanden ist und eine Knochenaugmentation vermieden werden soll. Oft trifft dies auf die posterioren Regionen des Unterkiefers und Oberkiefers zu. Wie auch bei durchmesserreduzierten Implantaten, kann so die Implantattherapie vereinfacht werden und für mehr Patienten zugänglich gemacht werden, da die Anzahl der Behandlungen, die Behandlungszeit und die Morbidität reduziert werden [49]. Bei dem Vergleich zu längeren Implantaten ist es wichtig zu bedenken, dass kürzere Implantate in Situationen verwendet werden, in denen nicht ausreichend Knochen vorhanden ist. So ist es sinnvoll kurze Implantate mit längeren Implantaten zu vergleichen, welche in augmentierte Regionen inseriert werden [50].

Der Vergleich zwischen Implantaten mit Standarddurchmessern und reduzierten Durchmessern, sowie der Vergleich zwischen kurzen und langen Implantaten wird in der Auswertung unter 4.2.1 und der Diskussion unter 5.2.3 und 5.2.4 weiter analysiert.

2.2.3 Zeitpunkt der Implantation

Hämmerle et al. veröffentlichte im Jahr 2004 eine Klassifizierung, welche ihre Grundlagen in den morphologischen, dimensional und histologischen Veränderungen nach einer Zahnextraktion hat. Danach wird in vier verschiedene Zeitpunkte unterteilt. Erstens die Implantation direkt nach Zahnextraktion, auch benannt als Sofortimplantation (Typ 1), zweitens die Implantation nach Weichgewebsheilung (Typ 2), drittens die Implantation nach teilweiser knöcherner

Heilung (Typ 3) und als viertens die Spätimplantation (Typ 4). Bei der Spätimplantation müssen mehr als 16 Wochen seit der Extraktion vergangen sein [51]. In der hier vorliegenden Dissertation wurde Typ 2 und Typ 3 zusammengefasst als Frühimplantation.

Im Folgenden sollen einige Vor- und Nachteile der verschiedenen Zeitpunkte hervorgehoben werden. Für die Sofortimplantation spricht die kürzere Gesamtbehandlungszeit und die geringere Anzahl an chirurgischen Eingriffen. Beachtet werden muss hier, dass ein dünner Gewebetyp das Ergebnis beeinträchtigen kann und das Verfahren techniksensitiv ist. Vorteil des zweiten Typs ist die vergrößerte Weichteilfläche und damit das bessere Management des Weichteillappens. Wie die Sofortimplantation ist das Verfahren technikabhängig und die Behandlungszeit verlängert sich aufgrund der unterschiedlichen Menge an Resorption der Sockelwände. Ähnliche Umstände sind bei Typ 3 gegeben mit dem Zusatz das eine knöcherne Regeneration der Alveole die Implantatinserterion erleichtert. Für Typ 4, die Spätimplantation, ergibt sich ein klinisch geheilter Kieferkamm. Nachteile sind eine längere Behandlungszeit und die großen Schwankungen im verfügbaren Knochenvolumen durch das Remodelling des Alveolarkamms nach Abschluss der Alveolenheilung [51].

Bezogen auf die Überlebensrate von Implantaten konnte in einer systematischen Übersichtsarbeit und Metaanalyse aufgezeigt werden, dass Sofortimplantate eine geringere Überlebensrate aufweisen als Implantate, welche in ausgeheilte Alveolen eingesetzt werden. Allerdings lag hier ein hoher Grad an Verzerrung vor [52]. Wichtig ist die Beachtung der Auswahlkriterien und chirurgischen Aspekte der verschiedenen Behandlungsoptionen. Insbesondere bei der Sofortimplantation sollte man auf die intakte faziale Knochenwand (>1mm) bei einem dickwandigen Phänotypen, sowie das Vorhandensein eines dicken gingivalen Biotyps achten. Zudem sollte keine akute Infektion in der Alveole vorliegen und ausreichend Knochenvolumen apikal vorhanden sein [53].

2.2.4 Einheilmodus

Das ursprüngliche Protokoll von Brånemark legte ein zweizeitiges Implantatverfahren fest und damit einen subgingivalen Einheilmodus. Die Implantate heilen hierbei mehrere Monate mit Schleimhaut bedeckt ein. Dies sollte die erfolgreiche Osseointegration sicherstellen. Durch präklinische und klinische Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass auch ein einzeitiges Protokoll dies erreicht. Unterschiede liegen somit noch im Patientenmanagement, der Ästhetik und der Gesundheit des periimplantären Gewebes [54]. Sowohl die subgingivale als auch die transgingivale Einheilmethode werden in Abhängigkeit von der klinischen Situation heute in der täglichen Praxis eingesetzt. Wenn die Möglichkeit besteht, wird die transgingivale Variante gewählt, da so ein zweiter chirurgischer Eingriff vermieden werden kann und damit Kosten und

Morbidität reduziert werden. Für einen subgingivalen Einheilmodus sprechen zusätzliche Knochen- und Weichteilregeneration oder manche Risikoprofile [3]. Eine Option, die Dauer der Implantattherapie weiter zu reduzieren, ist die Sofortbelastung. Diese wird meistens definiert als Behandlungsprotokoll, bei dem die prothetische Suprakonstruktion spätestens drei Tage nach Implantation befestigt wird. Vorteile sind unter anderem die Verkürzung der Behandlungszeit. Für den Patienten bedeutet dies einen schnelleren Komfort und eine bessere Ästhetik und für den Behandler eine Zeitersparnis am Behandlungsstuhl. [55]

2.2.5 Augmentationsmaterialien

Im Folgenden wird auf die verschiedenen Materialien, die zur Rekonstruktion oder Augmentation verwendet werden können, eingegangen. Wichtig hierbei sind die Begriffe Osteoinduktivität, Osteokonduktivität und Osteogenität. Sie beschreiben die physiologischen Eigenschaften der Knochentransplantate und Knochenersatzmaterialien. Hierbei bedeutet Osteoinduktivität die Fähigkeit eines Transplantats die Knochenbildung aktiv zu fördern [56]. Osteokonduktivität steht für die Fähigkeit als Leitgerüst für das natürliche Knochenwachstum zu dienen [57] und die Osteogenität beschreibt das Vorhandensein von knochenbildenden Zellen im Knochentransplantat [56].

Der vom Patienten eigene (autogene) Knochen wird als Goldstandard für den Knochenaufbau angesehen aufgrund seiner osteogenen, osteoinduktiven und osteokonduktiven Eigenschaften [56-58]. Nachteile sind vor allem die zusätzliche Morbidität, die durch Entnahme des autologen Knochens für den Patienten entsteht [57]. Neben autogenen Knochen gibt es die Möglichkeit Knochenersatzmaterialien zu verwenden. Bis heute ist allerdings kein kommerziell erhältliches Knochenersatzmaterial vorhanden, welches diese Eigenschaften im gleichen Maße aufweist. Somit dienen Knochenersatzmaterialien in erster Linie als Füll- und Gerüstbaustoffe, die vor allem osteokonduktive Fähigkeiten aufweisen [56].

Xenogene Knochentransplantate werden von verschiedenen Tierarten gewonnen und mithilfe von unterschiedlichen Verfahren wie zum Beispiel Wärmebehandlung, Hydrazin, chemische und hydrothermale Methoden vorbereitet. Bedingt durch ihre Ähnlichkeit zum menschlichen Knochen in Struktur und Eigenschaft, der guten Knochenbildung und Biokompatibilität, werden sie häufig eingesetzt. Es herrscht eine große Heterogenität der Porosität, Osteogene, Kristallinität, Calcium/Phosphat-Verhältnis abhängig von der Präparationsmethode [59]. Es wird vermutet, dass die Zugabe von Kollagen zu einem xenogenen Knochenersatzmaterial zu einer erhöhten Thrombozytenaktivität und Zytokinfreisetzung führt. Somit könnten die entsprechenden bovinen Knochenersatzmaterialien zu einer Kombination von den vorteilhaften Kollageneigenschaften auf die frühe Weich- und Hartgewebsheilung mit der osteokonduktiven Eigenschaft und Füllstoff der Rindermatrix führen. [60]

Allogene Knochentransplantate sind Gewebe, welche einem Individuum entnommen werden und einem Individuum derselben Spezies eingesetzt werden. Somit kann man eine Immunreaktion des Empfängers erwarten. Deswegen werden die Transplantate gereinigt und aufbereitet, um vorhandene Zellen zu entfernen und die Immunreaktion zu verringern. Dadurch wird ebenfalls das Risiko einer Infektionsübertragung minimiert. Die osteoinduktiven und osteokonduktiven Eigenschaften sind von der Methode der Transplantatverarbeitung abhängig, während angesichts der Abwesenheit lebender Zellen keine osteogenen Eigenschaften vorhanden sind. Die Integration von Allotransplantaten läuft langsamer ab, aber qualitativ ähnlich zu der von nicht vaskularisierten autogenen Transplantaten. Sie werden von einem unterschiedlichen Ausmaß an Entzündung begleitet [61].

Synthetische Knochentransplantate sind künstlich hergestellte Knochenersatzmaterialien beispielsweise aus Kalzium, Silizium oder Aluminium. Die Vorteile sind Verfügbarkeit, Sterilität und geringe Morbidität. Allerdings verfügen sie nur über osteokonduktive Eigenschaften [62]. Die Qualität und Dauer der Knochenregeneration ist nicht vergleichbar mit dem von autogenen Knochen was unter anderem auf die mangelnde Osteoinduktivität zurückgeführt werden kann [63].

2.2.6 Augmentationstechniken

Die Notwendigkeit, fehlende Knochen und Zähne durch andere Materialien zu ersetzen, war schon in vorgeschichtlicher Zeit vorhanden [57]. Je nach Lage und Größe des Defekts werden verschiedene Augmentationsverfahren angewandt, um die für das Einsetzen der Implantate erforderliche knöcherne Unterstützung zu schaffen [56]. In den folgenden Absätzen sollen, die hier an den häufigsten eingesetzten Methoden näher beschrieben werden.

Die Guided Bone Regeneration (GBR) stellt mit Abstand die vorherrschende Praxis der Augmentation dar [64]. Das biologische Prinzip der Heilung wurde Anfang der 1980 Jahre von Nyman und Karring entdeckt. Durch eine Reihe von experimentellen Studien fanden sie heraus, dass die Zellen, welche einen Wundbereich zuerst besiedelten, die Art des Gewebes bestimmt, welches später den Bereich einnimmt. Aufgrund dieser Erkenntnis verwendeten sie eine Membran, die nicht erwünschten Zellen das Eindringen in die Wunde verwehrten und erwünschten Geweben den Zugang ermöglichte [64-67]. Diese Technik, welche ursprünglich für die Guided Tissue Regeneration verwendet wurde, legt die Grundlage der GBR [68]. Das praktische Vorgehen beinhaltet eine ausreichende Stabilisierung der Membran und bei größeren Defekten die Applikation von Knochen oder Knochenersatzmaterialien. Es gibt eine große Auswahl an Membranen, welche verwendet werden können. Sie können unterteilt werden in resorbierbar und nicht resorbierbar [64, 69]. Die GBR ermöglicht verschiedene Einsatzbereiche. Beispielhaft im Rahmen der Regeneration von Knochendefekten im Zusammenhang mit

einer Implantation oder als Therapieoption für periimplantäre Knochenverluste. Zudem ist es eine Option zur Erhaltung der Alveole nach Zahnextraktion [70].

In den späten 1980er Jahren wurde das Titanmesh zuerst für Augmentationen atrophiertes Kieferkämme verwendet, um anschließend einen besseren Halt für Totalprothesen herzustellen [71]. Die Anwendungsmöglichkeiten wurden ein Jahrzehnt später erweitert durch den Einsatz vor einer Implantation, insbesondere der vertikalen Augmentation. Hierbei stellten die Wunddehizens und damit einhergehende Transplantatinfektion ein Hauptproblem dar [72]. Zudem müssen intraoperativ die geraden Platten dem individuellen Defekt angepasst werden, was sowohl manuell schwierig als auch zeitaufwendig ist [73]. Moderne computer-aided design und computer-aided manufacturing (CAD-CAM)-Technologien führten zu einem Comeback dieser Augmentationstechnik. Hierbei wird das Titanetz individuell hergestellt mithilfe der DICOM-Daten. Ob eine passive und spannungsfreie Platzierung möglich ist, wird intraoperativ nach der Freilegung des Defekts überprüft. Zur Auffüllung des Defekts können autologer Knochen, Knochenersatzmaterialien oder eine Kombination daraus verwendet werden. Abschließend wird das Titanmesh mit einer Schraube fixiert und es besteht die Möglichkeit eine Membran aufzubringen, bevor der Defekt verschlossen wird [74]. Das Titanmesh vereint das bereits beschriebene Prinzip der GBR mit den vorteilhaften Eigenschaften von Titan [75]. Vorteile dieser Technik sind unter anderem die intrinsische Stabilität. Frühe oder späte Exposition sind häufige Komplikationen [75, 76]. Insgesamt lässt sich ein durchschnittlicher vertikaler Knochengewinn von 2,5 bis 6mm erreichen [75].

Die Sinusbodenelevation ist eine Augmentationsmethode, um eine Implantation in der posterioren Maxilla zu ermöglichen. Es gibt bis heute zwei verbreitete Methoden der Sinusbodenelevation. Die erste ist eine zweiphasige Vorgehensweise mit einem lateralen Zugangsfenster bei der Augmentation und anschließender Implantatinsertion. Die zweite verbreitete Therapie ist eine einzeitige Technik mit einem lateralen und transalveolären Zugang [77]. Der laterale Zugang wurde zuerst 1980 von Boyne & James beschrieben [78]. Summers stellte 1994 die Sinusbodenelevation mittels Osteotomen vor. Hierbei wurde die Schneidersche Membran durch einen transalveolären Zugang angehoben [79]. Die Entscheidung, welche Methode verwendet wird, wird aufgrund des vorhandenen Restknochens und der Möglichkeit eine Primärstabilität der Implantate zu erreichen, getroffen [77]. Für Einzelzahnlücken mit einer ausreichenden Breite und einer Restknochenhöhe von mindestens fünf Millimeter wird der transkrestale Ansatz als erste Wahl beschrieben. Wenn weniger als fünf Millimeter Restknochen vorhanden ist, ist ein lateraler Zugang indiziert. Falls eine ausreichende Primärstabilität erreicht werden kann, sollte das einzeitige Vorgehen bevorzugt werden [80].

Eine weitere häufig eingesetzte Augmentationsmethode bei stark atrophierten Alveolarkämmen ist die Augmentation mittels autologen Knochenblöcken. Diese Knochenblöcke können

extraoral oder intraoral gewonnen werden [81]. Während diese Verfahrensweise für kleinere Defekte eingesetzt wird, sind Tumorrekonstruktionen eine Möglichkeit größere Defekte, die durch eine Resektion entstanden sind, zu überbrücken und anschließend eine Implantation zu ermöglichen. Transplantate können hierbei zum Beispiel von der Fibula, der Scapula und dem Beckenkamm gewonnen werden. In einer Studie wurden Fibulatransplantate betrachtet. Für die alleinige Betrachtung des Transplantats konnte eine kumulative Überlebensrate von 94,9% ermittelt werden mit einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 55 Monaten. Bei 16 Patienten wurden zudem Implantate inseriert. Diese hatten eine kumulative Überlebensrate von 98,6% [82]. Insgesamt lässt sich festhalten, dass alle hier durchgeführten Rekonstruktionsmethoden, sich für die Insertion von Implantaten eignen und das funktionellen Ergebnis verbessert [83].

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

Alle Patienten, die in den Jahren 2007 bis 2019 in der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsmedizin Mainz mit einem BL oder BLT Implantat der Firma Straumann versorgt wurden, werden retrospektiv untersucht. Es werden keine Patienten exkludiert, solange eindeutig das verwendete Implantatsystem dokumentiert wurde.

Zum einen wird das gesamte Patientenkollektiv betrachtet, welches als *PK gesamt* bezeichnet wird. Zum anderen wird zwischen zwei Patientenkollektiven unterschieden. Das erste Patientenkollektiv wurde mit BL Implantaten versorgt (im Folgenden als *PK BL* bezeichnet) und das zweite Patientenkollektiv mit BLT Implantaten (im Folgenden als *PK BLT* bezeichnet).

3.2 Methoden

Anhand elektronischer Patientenakten (SAP-System®) wurden zunächst epidemiologische Daten erhoben, sowie anschließend relevante Informationen, welche unter 3.4 weiter aufgeführt sind, analysiert. Daten hinsichtlich der implantologischen Versorgung, sowie Augmentationen und Nachsorge wurden ebenfalls der Software SAP-System® entnommen oder der Dokumentation für ambulante Patienten im klinikinternen Programm VISIdent®. Die Daten wurden in eine Exceltabelle übertragen. Bei allen Patienten wurden die vorher gewonnenen Daten mit der Dentalsoftware impDAT® abgeglichen.

3.3 Röntgenologische Auswertung

Die Röntgenbilder wurden mit dem Programm Sidexis® analysiert. Es wurden sowohl Intra-orale Tubusaufnahmen als auch Panoramaschichtaufnahmen zur Analyse herangezogen. Zur Kalibrierung der Röntgenbilder wurde die bekannte Implantatlänge als Referenzwert verwendet. Alle Röntgenbilder wurden von einer Person ausgewertet. Als Baseline Röntgenbild wurde das erste Röntgenbild nach Implantation verwendet und als zweites Röntgenbild das Jüngste jeweilig vorhandene. Als Baseline Röntgenbild konnte nicht das erste Röntgenbild nach Belastung verwendet werden, da es sich um eine retrospektive Studie handelt und viele prothetische Versorgungen in privaten Zahnarztpraxen durchgeführt werden. So konnte der Zeitraum vor der prothetischen Versorgung und das erste Jahr in Funktion nicht getrennt werden. Der zeitliche Abstand der beiden Röntgenbilder wurde in Jahren dokumentiert. Es wurde jeweils

an der mesialen und distalen Seite des Implantats der Abstand von der Implantatschulter bis zum ersten Knochen-Implantat-Kontakt gemessen und daraus die Differenz errechnet.

Zur Weiteren Analyse wird den Knochenabbau anhand der „Health Scale“ in drei Klassen eingeteilt. Hierbei wird der durchschnittliche Knochenabbau verwendet, aufgrund der geringen Abweichungen zwischen mesial und distal und der Übersichtlichkeit der Analyse. Die erste Klasse bezeichnet den Erfolg und damit die optimale Gesundheit des Implantats (Knochenabbau $\leq 2\text{mm}$). Die zweite Klasse beschreibt ein zufriedenstellendes Ergebnis bei 2-4mm Knochenverlust. Die zwei weiteren Klassen ($>4\text{mm}$ und weniger als die Hälfte des Implantatkörpers; mehr als die Hälfte des Implantatkörpers) der „Health Scale“ werden hier zu einer zusammengefasst. Dies stellt so die dritte Klasse mit mehr als 4mm Knochenverlust dar [84].

3.4 Patientendaten

Folgende Parameter wurden für jeden Patienten erfasst:

- Allgemeine Daten
 - o Geschlecht (weiblich/ männlich)
 - o Geburtsdatum
 - o Alter bei Implantation

- Anamnese
 - o Rauchgewohnheiten (ja/ nein/ ehemaliger Raucher)
 - o Parodontitis (ja/ nein)
 - o Diabetes Mellitus (ja/ nein)
 - o Einnahme von mehr oder weniger als zwei Medikamenten (ja/ nein)
 - o Radiatio im Kopf/Hals Bereich (ja/ nein)
 - o Einnahme von Antiresorptiva (ja/ nein)

- Implantation
 - o Implantationsdatum
 - o Implantatsystem (BL/ BLT)
 - o Implantationszeitpunkt (Sofortimplantation/ Frühimplantation/ Spätimplantation)
 - o Implantationsregion (Oberkiefer/ Unterkiefer und anterior/ posterior)
 - o Implantatdurchmesser und – länge
 - o Anästhesie (Leitung/ Infiltration/ Intubationsnarkose)
 - o Antibiose (ja/ nein; Dauer in Tagen; Medikament)

- Einheilmodus (subgingival/ transgingival/ provisorische Sofortversorgung)

- Augmentation
 - Augmentationszeitpunkt (ja einzeitig/ ja zweizeitig/ keine Augmentation)
 - Augmentationsmaterialien (autolog/ xenogen/ allogen/ synthetisch/ Mischung verschiedener Knochenersatzmaterialien)
 - Augmentationsmethode (GBR/ interner Sinuslift/ externer Sinuslift/ Onlay-Technik/ Tumorrekonstruktion/ Sonstiges)

- Nachsorge
 - Datum des Implantatverlusts
 - Nachsorgezeitraum
 - Knochenabbau (mesial/ distal; Abstand zwischen beiden Röntgenbildern)

3.5 Datenauswertung

Die ermittelten Daten wurden mithilfe des Statistikprogramms SPSS (Version 27.0, IBM®) ausgewertet. Mithilfe von Häufigkeits- und Kreuztabellen wurde eine deskriptive statistische Datenerhebung durchgeführt. Für das Gesamtüberleben wurde eine Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier erhoben. Ermittelt wurde zudem das Implantatüberleben und der Implantaterfolg für alle drei Patientenkollektive in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern wie zum Beispiel Länge, Position und Zeitpunkt der Implantation. Der Implantaterfolg wurde aufgrund der retrospektiven Vorgehensweise nur mittels des röntgenologisch zu ermittelnden krestalen Knochenverlusts beurteilt. Zu Schmerzen, Exsudaten und Mobilität kann aufgrund der fehlenden Daten keine Aussage getroffen werden.

4 Ergebnisse

Im ersten Abschnitt wird das Patientenkollektiv beschrieben. Anschließend werden die implantatbezogenen Daten und das Implantatüberleben sowie der Knochenabbau erhoben. Als letztes wird noch auf den Einfluss verschiedener Faktoren in Bezug auf das Implantatüberleben und den Knochenabbau eingegangen.

4.1 Patientenkollektiv

4.1.1 Demographische Daten

Im Patientenkollektiv *PK gesamt* wurden 722 Patienten betrachtet bei denen insgesamt 2108 Implantate gesetzt wurden. Hierbei wurden 1109 (52,6%) Implantate bei weiblichen Patienten inseriert und 999 (47,4%) bei männlichen Patienten. Die Altersspanne befindet sich zwischen dem Minimum von 14 Jahren und dem Maximum von 93 Jahren. Der Mittelwert beträgt 57,31 und die Standardabweichung 15,588 Jahre. Bezogen auf die weiblichen Patienten ergibt sich das gleiche Minimum von 14 Jahren und Maximum von 93 Jahren. Zudem beläuft sich der Mittelwert auf 55,95 Jahre mit einer Standardabweichung von 16,894 Jahren. (siehe Abbildung 1)

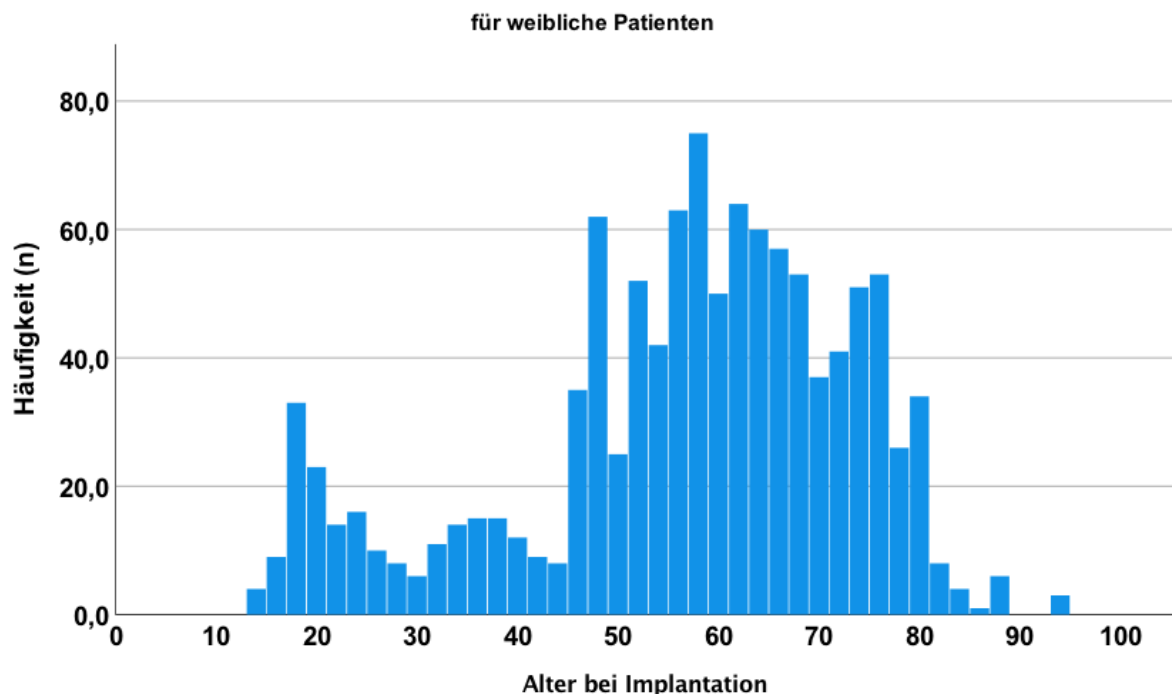


Abbildung 1 Alter bei Implantation für weibliche Patienten für *PK gesamt*

Bei den männlichen Patienten wurde ein höherer Mittelwert von 58,82 Jahren dokumentiert und eine geringere Standardabweichung von 13,850 Jahren. Hier ist das geringste Alter 14 und das höchste 89. (siehe Abbildung 2)

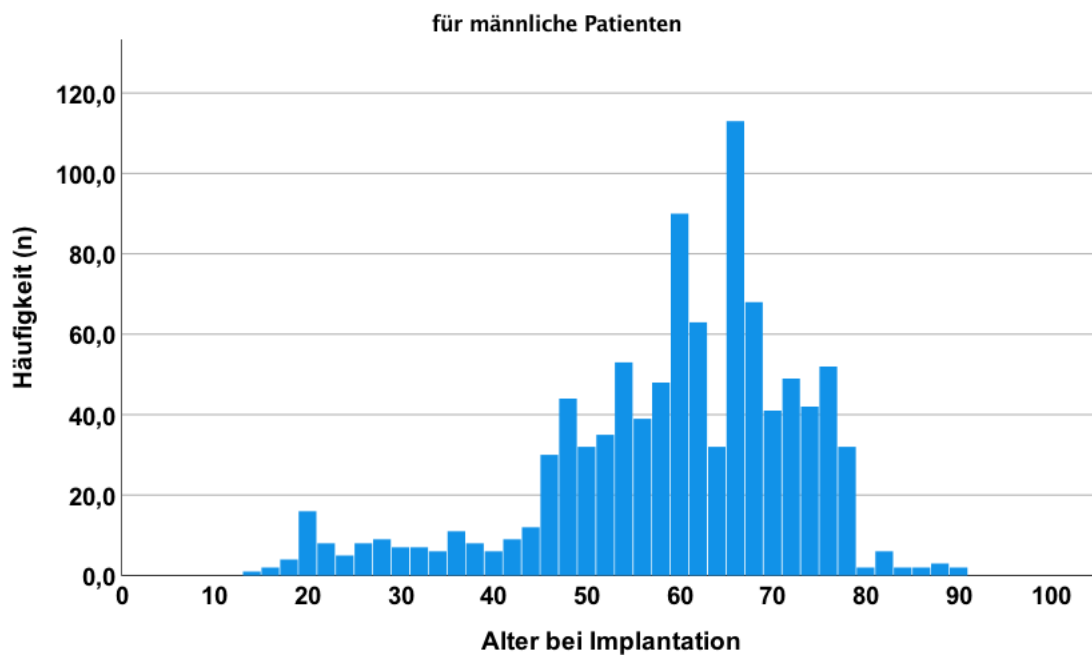


Abbildung 2 Alter bei Implantation für männliche Patienten für PK gesamt

Insgesamt wurden 981 BLT Implantate inseriert. Das minimale Alter betrug 16 und das maximale 93. Der Mittelwert belief sich auf 57,54 Jahre und die Standardabweichung auf 15,756 Jahre. Bei dem Patientenkollektiv *PK BLT* wurden 504 (51,4%) Implantate bei weiblichen Patienten verwendet und 477 (48,6%) bei männlichen Patienten. Für die weiblichen Patienten beläuft sich der Mittelwert auf 56,45 Jahre mit einer Standardabweichung 17,746 (Minimum: 16 Jahre; Maximum 93 Jahre). Etwas höher ist der Mittelwert bei männlichen Patienten. Dieser beträgt 58,69 Jahre mit einer geringeren Standardabweichung von 13,257 Jahren (Minimum: 18 Jahre; Maximum: 89 Jahre).

Im Vergleich dazu wurden 1127 BL Implantate inseriert. Hier belief sich die Altersspanne zwischen 14 bis 86 Jahren, der Mittelwert auf 57,1 Jahre und die Standardabweichung auf 15,445 Jahre. Die Geschlechterverteilung belief sich auf 605 (53,7%) verwendete Implantate bei weiblichen Patienten und 522 (46,3%) verwendete Implantate bei männlichen Patienten. Wie auch bei *PK BLT* war der Mittelwert bei männlichen Patienten höher als bei den weiblichen Patienten (Männer: 58,93 Jahre; Frauen: 55,53 Jahre). Gegenteilig verhält es sich bei der Standardabweichung (Männer: 14,382 Jahre; Frauen: 16,154 Jahre). Der jüngste Patient war jeweils 14 Jahre. Der älteste männliche Patient ist 86 Jahre und die älteste weibliche Patientin 81 Jahre.

4.1.2 Risikofaktoren

Die Risikofaktoren der Patienten wurden in folgender Tabelle aufgeschlüsselt (siehe Tabelle 1). Teilweise fehlen Angaben aufgrund lückenhafter Dokumentationen. Alle Prozentangaben

sind bezogen auf das gesamte jeweilige Patientenkollektiv, nicht nur auf den Teil der Patienten, zu dem Angaben vorhanden sind. Zusätzlich wurden hier nur die Patienten mit angegebenen Risikofaktoren aufgeführt und keine weitere Unterteilung zwischen der Angabe „Nein“ und einer nicht vorhandenen Angabe gemacht. In der letzten Zeile ist das generelle Bestehen einer der oben aufgeführten Risikofaktoren abgebildet. Hierbei spielt es keine Rolle wie viele Risikofaktoren bestehen, sondern es handelt sich wie bei den oben aufgeführten Punkten um eine Entscheidungsfrage.

Besonders auffällig ist hierbei, dass bei 75,4% (n=1590) der Implantate mindestens ein Risikofaktor besteht. Für *PK BLT* (80,1%) ist dies höher angegeben als für *PK BL* (71,3%). Der häufigste Risikofaktor ist das Bestehen einer Parodontitis mit einem Anteil von 60,3% der Implantate im gesamten Patientenkollektiv. Danach folgt die Medikation mit mehr als 3 Präparaten mit 23,4% für das Gesamtkollektiv. Weitere Angaben sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Anschließend wurden in Tabelle 2 die Risikofaktoren noch getrennt für Frauen und Männer aufgeführt. Die Anzahl wird mit n abgekürzt.

Tabelle 1 Risikofaktoren für alle PK

	<i>PK gesamt</i>		<i>PK BLT</i>		<i>PK BL</i>	
	N	%	n	%	n	%
Rauchen	215	10,2	130	13,3	85	7,5
Ehemalige Raucher	171	8,1	111	11,3	60	5,3
Parodontitis	1271	60,3	637	64,9	634	56,3
Diabetes Mellitus	180	8,5	92	9,4	88	7,8
Medikation \geq 3	494	23,4	273	27,8	221	19,6
Radiatio Kopf/ Hals	322	15,3	221	22,5	101	9,0
Antiresorptiva	53	2,5	22	2,2	31	2,8
Bestehende Risikofaktoren	1590	75,4	786	80,1	804	71,3

Tabelle 2 Risikofaktoren getrennt nach Geschlecht für alle PK

weiblich		PK gesamt		PK BLT		PK BL	
		n	%	n	%	n	%
	Rauchen	85	7,7	46	9,1	39	6,4
	Ehemalige Raucher	61	5,5	103	20,4	82	13,6
	Parodontitis	706	63,7	339	67,3	367	60,7
	Diabetes Mellitus	63	5,7	35	6,9	28	4,6
	Medikation \geq 3	224	20,4	131	26,0	93	15,4
	Radiatio Kopf/ Hals	93	8,4	56	11,1	37	6,1
	Antiresorptiva	44	4,0	15	3,0	29	4,8
	Bestehende Risikofaktoren	843	76,0	294	78,2	449	74,2
männlich	Rauchen	130	13,0	84	17,6	46	8,8
	Ehemalige Raucher	110	11,0	58	12,1	52	10,0
	Parodontitis	63	5,7	298	62,5	267	51,1
	Diabetes Mellitus	117	11,7	57	11,9	60	11,5
	Medikation \geq 3	270	27,0	142	29,8	128	24,5
	Radiatio Kopf/ Hals	229	22,9	165	34,6	64	12,3
	Antiresorptiva	9	0,9	7	1,5	2	0,4
	Bestehende Risikofaktoren	747	74,8	392	82,2	355	68,0

4.2 Implantatbezogene Daten

4.2.1 Durchmesser und Länge

Implantatdurchmesser

Zuerst wurde der Durchmesser (in mm) betrachtet. Die folgende Abbildung stellt die Verteilung für *PK gesamt* dar. Klar erkennbar ist der präferierte Durchmesser von 4,1mm (n=117; 55,8%). Am seltensten wurde der schmale Durchmesser von 2,9mm verwendet (n=18; 0,9%).

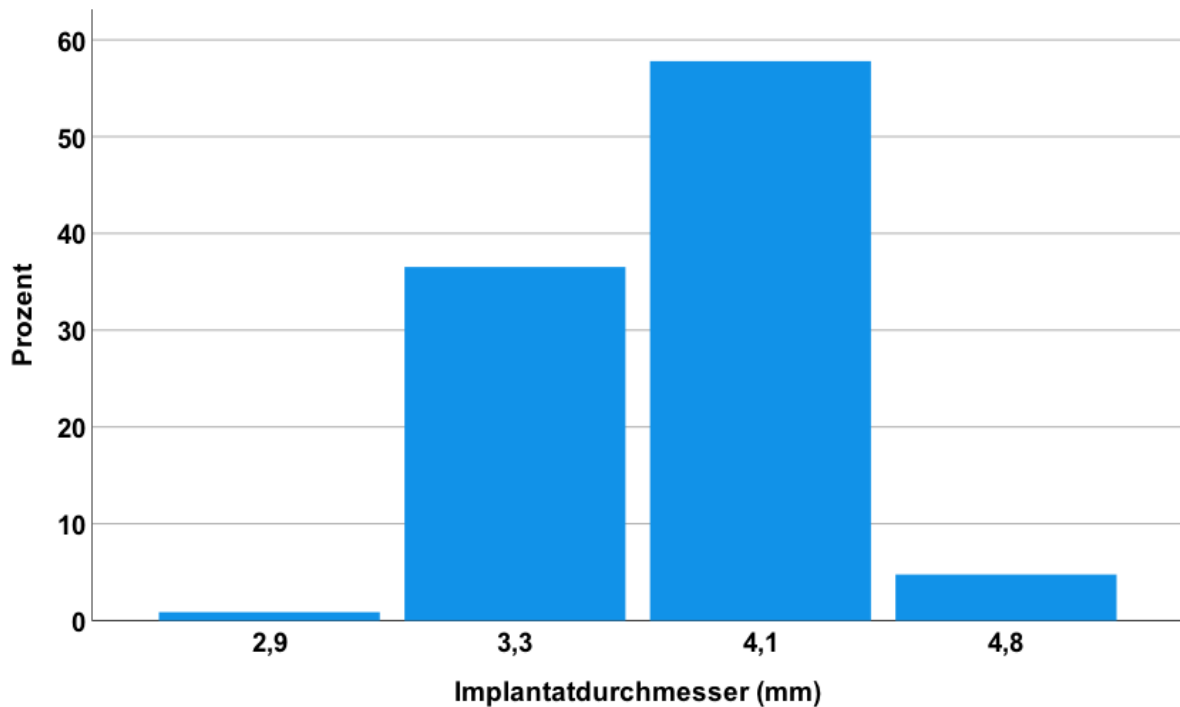


Abbildung 3 verwendete Durchmesser für *PK gesamt*

Als nächstes wurden die Durchmesser (in mm) getrennt für *PK BLT* und *PK BL* untersucht. Diese werden in der folgenden Tabelle 3 dargestellt. Auffällig ist, dass nur bei *PK BLT* der Durchmesser 2,9mm vorhanden ist. Zudem ist das Verhältnis zwischen den Durchmessern 3,3mm und 4,1mm unterschiedlich. Im *PK BLT* fehlen zu 5 (0,5%) Implantaten die Angabe für den Implantatdurchmesser und für das *PK BL* zu 67 (5,9%) Implantaten. Dementsprechend fehlen diese in der Aufschlüsselung.

Tabelle 3 Aufschlüsselung der Durchmesser für PK BLT und PK BL

Implantatsystem			Häufigkeit	Prozent
BLT	Gültig	2,9	18	1,8
		3,3	291	29,7
		4,1	635	64,7
		4,8	32	3,3
		Gesamt	976	99,5
Gesamt			981	100,0
BL	Gültig	3,3	453	40,2
		4,1	542	48,1
		4,8	65	5,8
		Gesamt	1060	94,1
Gesamt			1127	100,0

Implantatlänge

Die folgende Abbildung 4 beziehen sich auf die Implantatlänge (in mm) für das *PK gesamt*. Deutlich wird hier, dass 10mm die am häufigsten verwendete Implantatlänge ist (n=808; 38,3%), und Implantate mit einer Länge von 16mm (n=11; 0,5%) mit Abstand am seltensten zum Einsatz kommt.

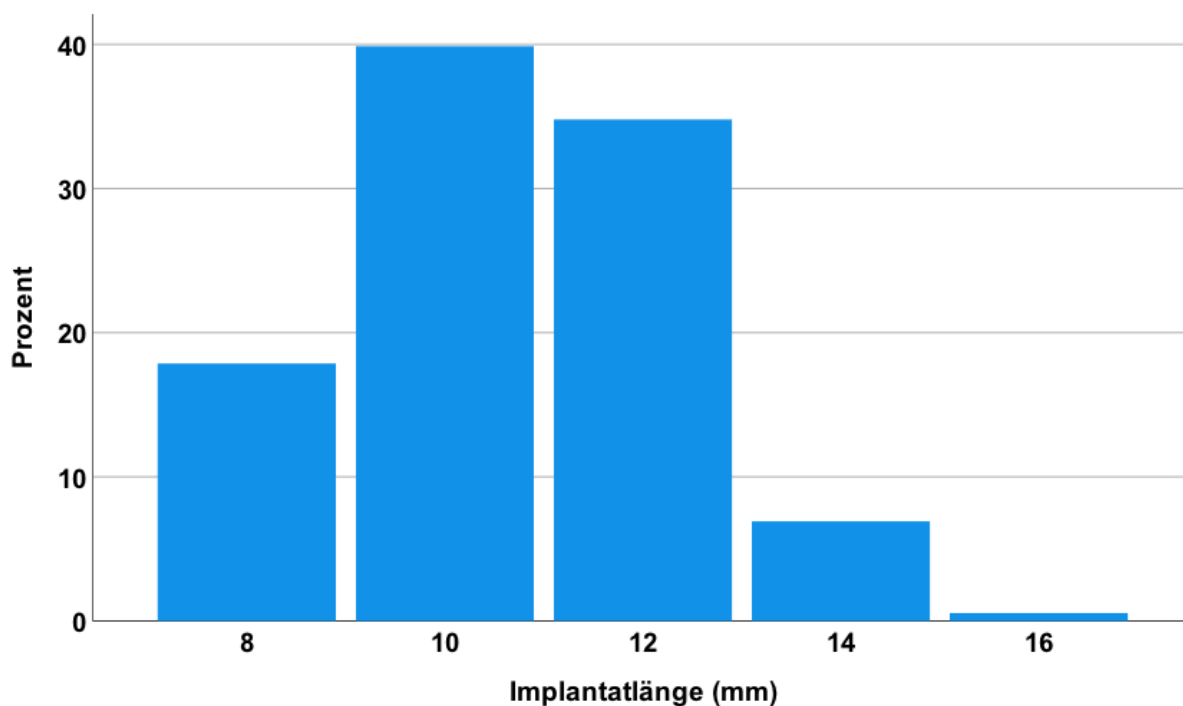


Abbildung 4 verwendete Längen für PK gesamt

Im Folgenden werden *PK BLT* und *PK BL* wieder getrennt betrachtet. Auffällig ist das für *PK BL* die am meisten verwendete Implantatlänge 12mm ist, und nicht wie bei *PK gesamt* und *PK BLT* 10mm. In Tabelle 4 sind die Häufigkeiten und Prozente getrennt für die beiden Patientenkollektive aufgeschlüsselt. Im *PK BLT* fehlen bei 10 Implantaten die Längenangabe, welches 1% ausmacht. Im *PK BLT* fehlen bei 10 Implantaten die Längenangabe, welches 1% ausmacht. Im *PK BL* sind dies mehr mit 72 Implantaten und daraus resultierend 6,4%.

Tabelle 4 Aufschlüsselung der Längen für PK BLT und PK BL

Implantatsystem			Häufigkeit	Prozent
BLT	Gültig	8	217	22,1
		10	403	41,1
		12	258	26,3
		14	82	8,4
		16	11	1,1
		Gesamt	971	99,0
	Gesamt	981	100,0	
BL	Gültig	8	145	12,9
		10	405	35,9
		12	447	39,7
		14	58	5,1
		Gesamt	1055	93,6
	Gesamt	1127	100,0	

4.2.2 Implantatregion

Im nächsten Abschnitt werden die verschiedenen Implantatregionen dargestellt. Diese wurden in drei Kategorien unterteilt. Als erstes in den Unterschied zwischen Frontzahn und Seitenzahnregion, dann zwischen Oberkiefer und Unterkiefer und als letztes in die genaue Positionsangabe der Implantation. Zudem wird der Zusammenhang zwischen Implantatregion und Implantatdurchmesser und -länge analysiert.

Frontzahn vs. Seitenzahn

Wie bereits in den vorherigen Abschnitten soll zunächst das Gesamtkollektiv betrachtet werden. Auffällig ist die häufigere Platzierung der Implantate im Seitenzahnbereich (n=1360, 64,5%). Dagegen werden im Frontzahnbereich nur 742 Implantate (35,2%) inseriert. Für PK BLT und PK BL wurde ebenfalls die Verteilung zwischen Implantation im Frontzahnbereich

und Seitenzahnbereich ermittelt. Wie in Tabelle 5 zu erkennen ist, stellt sich das Verhältnis ähnlich dar.

Tabelle 5 Verteilung Front-/ Seitenzahn für PK BLT und PK BL

Implantatsystem		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	
BLT	Gültig	Frontzahn	375	38,2	38,4
		Seitenzahn	602	61,4	61,6
		Gesamt	977	99,6	100,0
	Fehlend	System	4	,4	
	Gesamt		981	100,0	
BL	Gültig	Frontzahn	367	32,6	32,6
		Seitenzahn	758	67,3	67,4
		Gesamt	1125	99,8	100,0
	Fehlend	System	2	,2	
	Gesamt		1127	100,0	

Zusammenhang mit Implantatdurchmesser und -länge

Des Weiteren wird der Zusammenhang zwischen Implantatdurchmesser und Implantatlänge und Implantation in der Front- oder Seitenzahnregion mithilfe einer Kreuztabelle betrachtet. Wie in Tabelle 6 zu sehen ist, sind Unterschiede vorhanden. Auffällig ist die Präferenz von schmaleren Implantaten im Frontzahnbereich und breiteren Implantaten im Seitenzahnbereich.

Tabelle 6 Kreuztabelle Front-/Seitenzahn und Implantatdurchmesser für PK gesamt

			Implantatdurchmesser				Ge- samt
			2,9	3,3	4,1	4,8	
Frontzahn vs Seitenzahn	Front- zahn	Anzahl	17	342	346	12	717
		% von Impl.-durchmesser	94,4%	46,3%	29,4%	12,4%	35,3%
	Seiten- zahn	Anzahl	1	396	831	85	1313
		% von Impl.-durchmesser	5,6%	53,7%	70,6%	87,6%	64,7%
Gesamt	Anzahl	18	738	1177	97	2030	
	% von Impl.-durchmesser	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

In der nächsten Kreuztabelle wird der Zusammenhang zwischen anterioren oder posterioren Position und Implantatlänge bewertet. Zu erkennen ist, dass deutlich weniger Implantate mit 8mm Länge in den Frontzahnbereich inseriert wurden und dafür mehr im Seitenzahnbereich. (siehe Tabelle 7)

Tabelle 7 Kreuztabelle Front-/Seitenzahn und Implantatlänge für PK gesamt

			Implantatlänge					
			8	10	12	14	16	Gesamt
Frontzahn vs Seitenzahn	Frontzahn	Anzahl	47	276	296	86	9	714
		% von Frontzahn vs Seitenzahn	6,6%	38,7%	41,5%	12,0%	1,3%	100,0%
	Seitenzahn	Anzahl	315	532	407	54	2	1310
		% von Frontzahn vs Seitenzahn	24,0%	40,6%	31,1%	4,1%	0,2%	100,0%
Gesamt	Anzahl		362	808	703	140	11	2024
	% von Frontzahn vs Seitenzahn		17,9%	39,9%	34,7%	6,9%	0,5%	100,0%

Oberkiefer vs. Unterkiefer

Im Vergleich der Implantationshäufigkeit im Oberkiefer (n=1264; 60%) zu Unterkiefer (n=844; 40%) fällt auf, dass mehr Implantate im Oberkiefer inseriert werden. Auch für die getrennten Patientenkollektive lässt sich eine ähnliche Verteilung feststellen. Diese wird in Tabelle 8 näher beleuchtet.

Tabelle 8 Verteilung Ober-/ Unterkiefer für PK BLT und PK BL

Implantatsystem			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente
BLT	Gültig	OK	604	61,6	61,6
		UK	377	38,4	38,4
		Gesamt	981	100,0	100,0
BL	Gültig	OK	660	58,6	58,6
		UK	467	41,4	41,4
		Gesamt	1127	100,0	100,0

Zusammenhang mit Implantatdurchmesser und -länge

Wie bereits bei der Betrachtung von Front- und Seitenzahnregion soll hier auch der Zusammenhang in Bezug auf den Implantatdurchmesser begutachtet werden. Es sind hier leichte Schwankungen zwischen Ober- und Unterkiefer zu sehen, allerdings sind keine größeren Abweichungen zu beobachten. (siehe Tabelle 9)

Tabelle 9 Kreuztabelle OK/UK und Implantatdurchmesser für PK gesamt

		Implantatdurchmesser				Gesamt	
		2,9	3,3	4,1	4,8		
OK vs UK	OK	Anzahl	12	470	680	57	1219
		% von OK vs UK	1,0%	38,6%	55,8%	4,7%	100,0%
	UK	Anzahl	6	274	497	40	817
		% von OK vs UK	0,7%	33,5%	60,8%	4,9%	100,0%
Gesamt		Anzahl	18	744	1177	97	2036
		% von OK vs UK	0,9%	36,5%	57,8%	4,8%	100,0%

Ähnlich stellt sich die Situation betreffend auf die Implantatlänge dar. Zu erwähnen ist hier die verringerte Anzahl an langen Implantaten (14mm, 16mm) im Unterkiefer und die erhöhte Anzahl dieser im Oberkiefer. (siehe Tabelle 10)

Tabelle 10 Kreuztabelle OK/UK und Implantatlänge für PK gesamt

		Implantatlänge					Gesamt	
		8	10	12	14	16		
OK vs UK	OK	Anzahl	216	469	422	104	8	1219
		% von OK vs UK	17,7%	38,5%	34,6%	8,5%	0,7%	100,0%
	UK	Anzahl	146	339	283	36	3	807
		% von OK vs UK	18,1%	42,0%	35,1%	4,5%	0,4%	100,0%
Gesamt		Anzahl	362	808	705	140	11	2026
		% von OK vs UK	17,9%	39,9%	34,8%	6,9%	0,5%	100,0%

Genau Positionsangabe

Als letztes wird die genau Positionsangabe der Implantate betrachtet. Gut erkennbar ist der präferierte Implantationsbereich in der Prämolarenregion. Dies spiegelt sich in allen vier Quadranten wider. (siehe Abbildung 5)

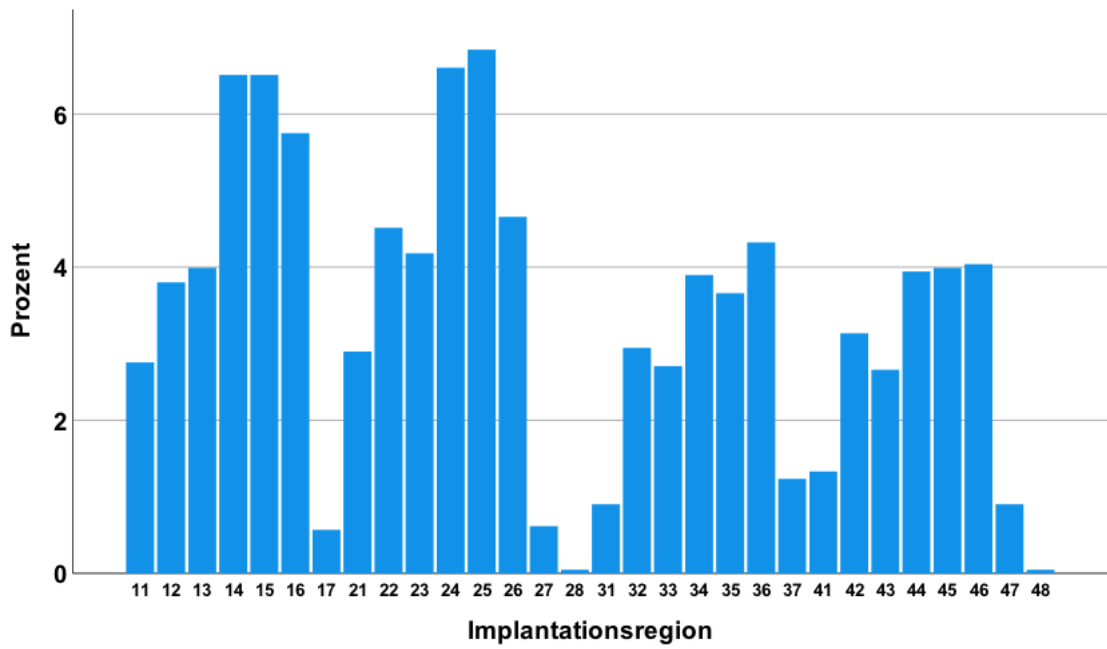


Abbildung 5 Implantationsregion für PK gesamt

In der folgenden Tabelle 11 ist für PK BLT und PK BL getrennt die genaue Implantationsposition aufgeschlüsselt.

Tabelle 11 Implantationsregion für PK BLT und PK BL

		Häufigkeit	Gültige Prozenze			Häufigkeit	Prozent		
BLT	Gültig	11	24	2,5	BL	Gültig	11	34	3,0
		12	44	4,5			12	36	3,2
		13	46	4,7			13	38	3,4
		14	64	6,6			14	73	6,5
		15	60	6,1			15	77	6,8
		16	64	6,6			16	57	5,1
		17	5	,5			17	7	,6
		21	21	2,1			21	40	3,5
		22	53	5,4			22	42	3,7
		23	46	4,7			23	42	3,7
		24	55	5,6			24	84	7,5
		25	71	7,3			25	73	6,5
		26	45	4,6			26	53	4,7
		27	8	,8			27	5	,4
28	1	,1	31	13	1,2				

	31	6	,6		32	24	2,1
	32	38	3,9		33	30	2,7
	33	27	2,8		34	43	3,8
	34	39	4,0		35	47	4,2
	35	30	3,1		36	56	5,0
	36	35	3,6		37	20	1,8
	37	6	,6		41	17	1,5
	41	11	1,1		42	29	2,6
	42	37	3,8		43	31	2,8
	43	25	2,6		44	41	3,6
	44	42	4,3		45	47	4,2
	45	37	3,8		46	54	4,8
	46	31	3,2		47	13	1,2
	47	6	,6		48	1	,1
	Ge- samt	977	100,0		Ge- samt	1127	100,0
Fehlend Sys- tem		4					
Gesamt		981					

4.2.3 Zeitpunkt der Implantation

Für *PK gesamt* ist klar erkennbar, dass die Spätimplantation die präferierte Methode ist (n=1944, 92,2%). (siehe Abbildung 6)

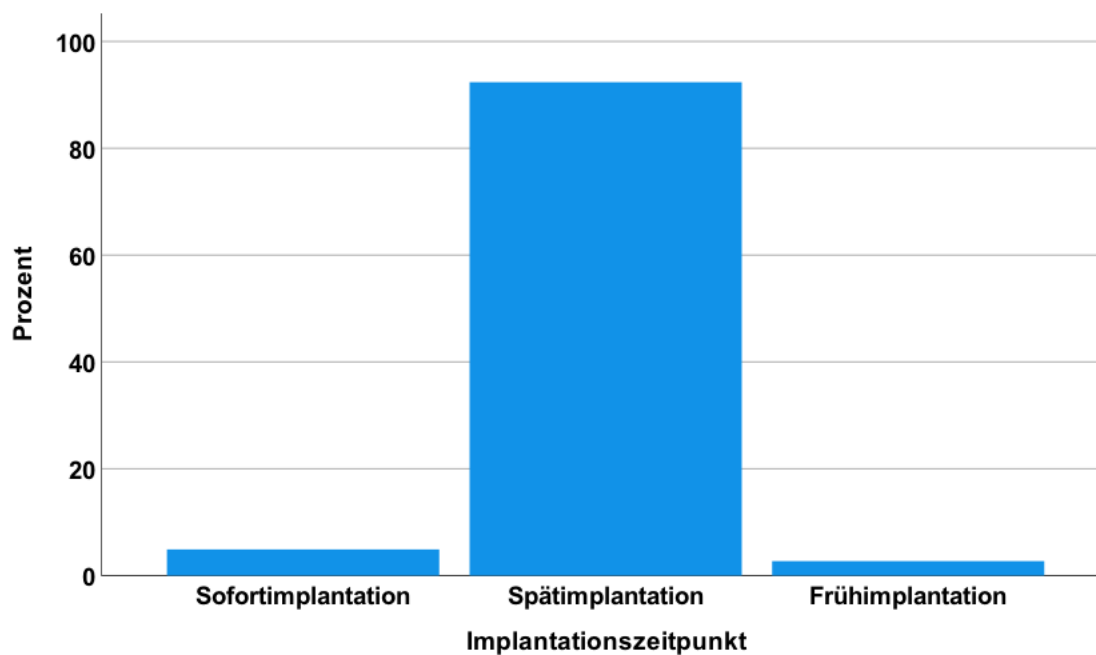


Abbildung 6 Implantationszeitpunkt für PK gesamt

Der Zeitpunkt der Implantation stellt sich für *PK BLT* und *PK BL* ähnlich dar. Die genaue Aufteilung für die getrennten Patientenkollektive ist in der Tabelle 12 dargestellt. Hier ist auch zu erkennen, dass die Verteilung ähnlich ist. Zu den fehlenden Implantaten ist keine Angabe vorhanden.

Tabelle 12 Implantationszeitpunkt für PK BLT und PK BL

Implantatsystem		Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente	
BLT	Gültig	Sofortimplantation	48	4,9	4,9
		Spätimplantation	910	92,8	93,0
		Frühimplantation	21	2,1	2,1
		Gesamt	979	99,8	100,0
	Fehlend	System	2	,2	
	Gesamt	981	100,0		
BL	Gültig	Sofortimplantation	55	4,9	4,9
		Spätimplantation	1034	91,7	91,9
		Frühimplantation	36	3,2	3,2
		Gesamt	1125	99,8	100,0
	Fehlend	System	2	,2	
	Gesamt	1127	100,0		

4.2.4 Einheilmodus

Die meisten Implantate heilen subgingival ein für *PK gesamt* (n=1388, 65,8%). Die provisorische Versorgung ist dagegen stark unterrepräsentiert (n= 28, 1,3%). (siehe Abbildung 7)

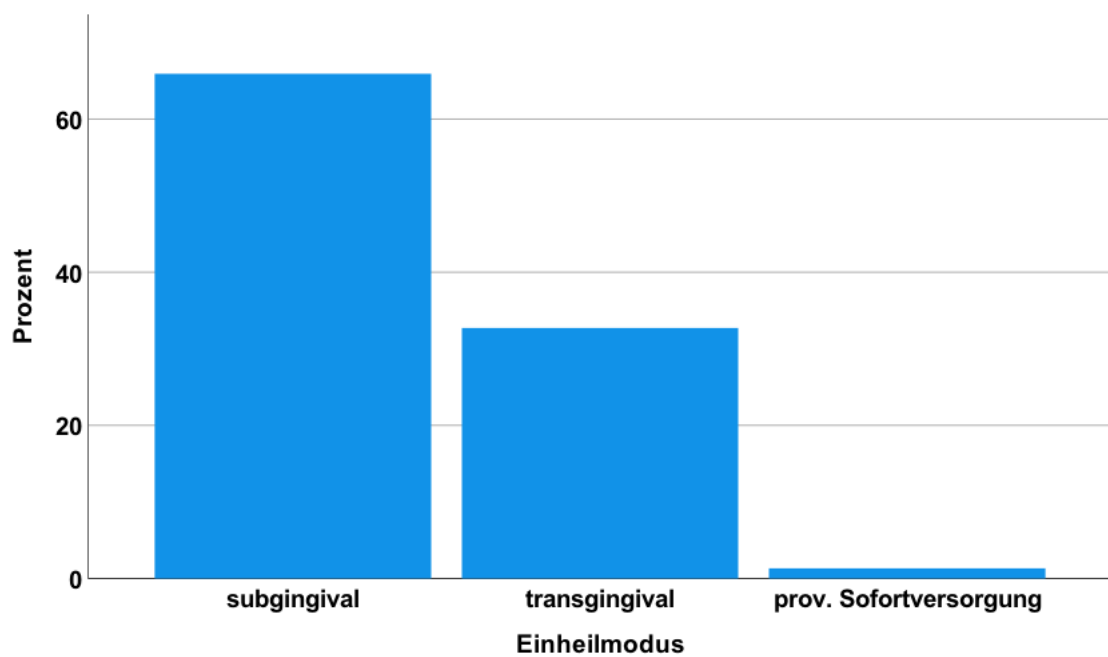


Abbildung 7 Einheilmodus für PK gesamt

Zwischen *PK BLT* und *PK BL* liegt ein Unterschied im Verhältnis von subgingivalen zu transgingivalen Einheilmodus. Bei *PK BLT* heilten 753 (76,8%) der Implantate subgingival und 205 (20,9%) der Implantate transgingival ein. Dagegen war bei *PK BL* das Verhältnis ausgeglichener. Hier wurden 635 (56,3%) Implantate subgingival inseriert und 484 (42,9%) transgingival (siehe Tabelle 13).

Tabelle 13 Einheilmodus für *PK BLT* und *PK BL*

Implantatsystem			Häufigkeit	Prozent	Gültige Pro- zente
BLT	Gültig	subgingival	753	76,8	76,8
		transgingival	205	20,9	20,9
		prov. Sofortversorgung	22	2,2	2,2
		Gesamt	980	99,9	100,0
	Fehlend	System	1	,1	
Gesamt			981	100,0	
BL	Gültig	subgingival	635	56,3	56,4
		transgingival	484	42,9	43,0
		prov. Sofortversorgung	6	,5	,5
		Gesamt	1125	99,8	100,0
	Fehlend	System	2	,2	
Gesamt			1127	100,0	

4.2.5 Implantatlager

Augmentationen

Es wurde bei der Dokumentation unterteilt zwischen der ersten durchgeführten Augmentation und einer weiteren. In 1199 (56,79) der Fälle wurde keine Augmentation durchgeführt. Bezogen auf die erste Augmentation wurde eine einzeitige Augmentation bei 523 (24,8%) Implantaten durchgeführt und eine zweizeitige bei 386 (18,3%) der Implantate.

Bei 2004 (95,1%) Implantaten wurde keine zweite Augmentation durchgeführt. Von den Fällen, in denen eine zweite Augmentation durchgeführt wurde, war dies bei 60 (2,8%) Implantaten eine einzeitige Augmentation und bei 44 (2,1%) Implantaten eine zweizeitige.

In der Tabelle 14 wird die Verteilung zwischen *PK BLT* und *PK BL* dargestellt. Die Fälle umfasst die erste Augmentation.

Tabelle 14 erste Augmentation für PK BLT und PK BL

		Augmentation			Gesamt
		Ja einzeitig	Nein	Ja zweizeitig	
BLT	n	198	568	215	981
	Prozent	20,2	57,9	21,9	100,0
BL	n	325	631	171	1127
	Prozent	28,8	56,0	15,2	100,0
Gesamt	n	523	1199	386	2108
	Prozent	24,8	56,9%	18,3	100,0

Augmentationsmethoden

Als nächstes werden die verschiedenen Augmentationstechniken näher beleuchtet. In Abbildung 8 werden diese nach gültigen Prozent für das gesamte Patientenkollektiv aufgeschlüsselt. Um eine Übersicht über die insgesamt durchgeführten Augmentationen zu geben, wurden die erste und zweite Augmentation für die restlichen Tabellen und Abbildungen zusammengefasst. Unter der Methode der GBR (n=294) werden zudem die Augmentation mithilfe eines Titan-Mesh und die Anlagerung von Knochenspänen eingefasst. Getrennt hiervon wird die Onlaytechnik mithilfe von Knochenblockaugmentaten betrachtet. Die Tumorrekonstruktion (n=75) umfasst Rekonstruktion mithilfe von Fibula-, Scapula- und Beckenkammtransplantaten. Unter „Sonstiges“ (n=22) werden seltene Augmentationsmethoden wie die Schalentechnik, Sandwich-Technik, Bonesplit und die Distractionsosteogenese zusammengefasst.

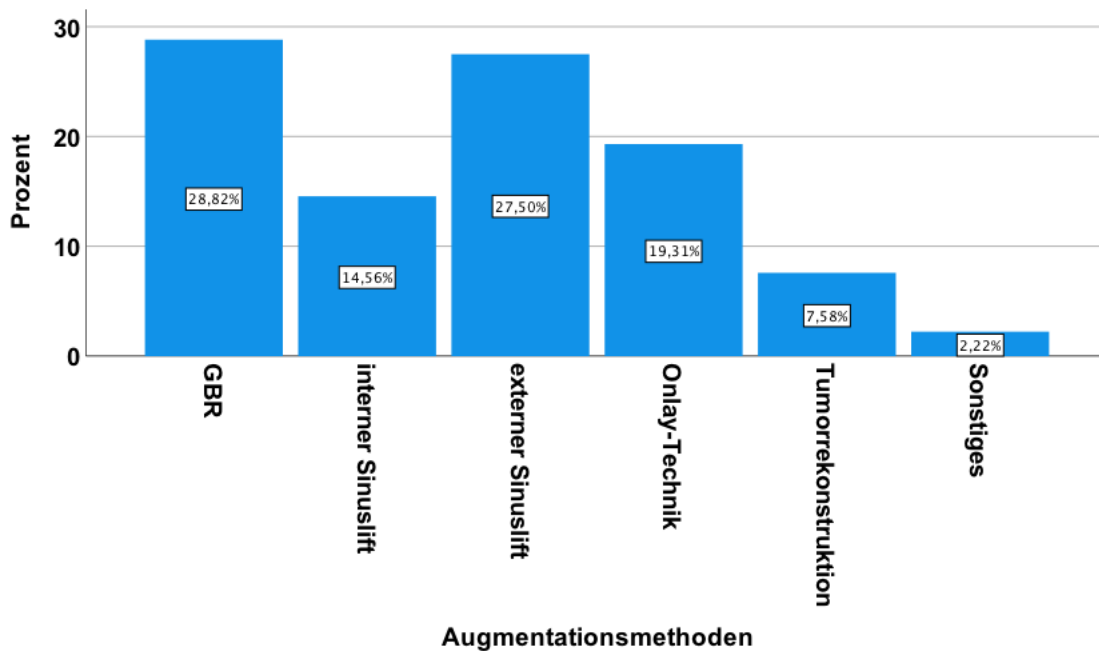


Abbildung 8 Augmentationsmethoden für PK gesamt

Die verschiedenen Augmentationsmethoden wurden getrennt für PK BLT und PK BL in der Tabelle 15 aufgeschlüsselt. Unterschiede sind besonders bei der GBR und der Onlay-Technik mit Knochenblockaugmentation zu erkennen. Ersteres wurde häufiger bei den BLT Implantaten eingesetzt (n=156) und letzteres bei den BL Implantaten (n=140).

Tabelle 15 Augmentationsmethoden für PK BLT und PK BL

		BLT	BL	Gesamt	
Augmentationsmethoden	GBR	Anzahl	156	138	294
		Innerhalb Implantatsystem%	38,0%	28,2%	
	interner Sinuslift	Anzahl	47	97	144
		Innerhalb Implantatsystem%	11,4%	19,8%	
	externer Sinuslift	Anzahl	130	143	273
		Innerhalb Implantatsystem%	31,6%	29,2%	
	Onlay-Technik	Anzahl	53	140	193
		Innerhalb Implantatsystem%	12,9%	28,6%	
	Tumorrekonstruktion	Anzahl	55	20	75
		Innerhalb Implantatsystem%	13,4%	4,1%	
	Sonstiges	Anzahl	5	17	22
		Innerhalb Implantatsystem%	1,2%	3,5%	
Gesamt		Anzahl	411	490	901

Verwendete Augmentationsmaterialien

Den Abschnitt des Implantatlagers abschließend werden die verwendeten Augmentationsmaterialien betrachtet. Verschiedene Kombinationen aus zwei Arten von Knochenersatzmaterialien wurden zusammengefasst unter „Mischung“. Dies war eine häufig eingesetzte Methode (n=262; 27,1%). Dabei handelt es sich meistens um eine Kombination von autologen Knochen und Knochenersatzmaterial. Deutlich wird hier auch das autologer Knochen mit Abstand am häufigsten zur Augmentation genutzt wird (n= 634, 64,4%). (siehe Abbildung 9)

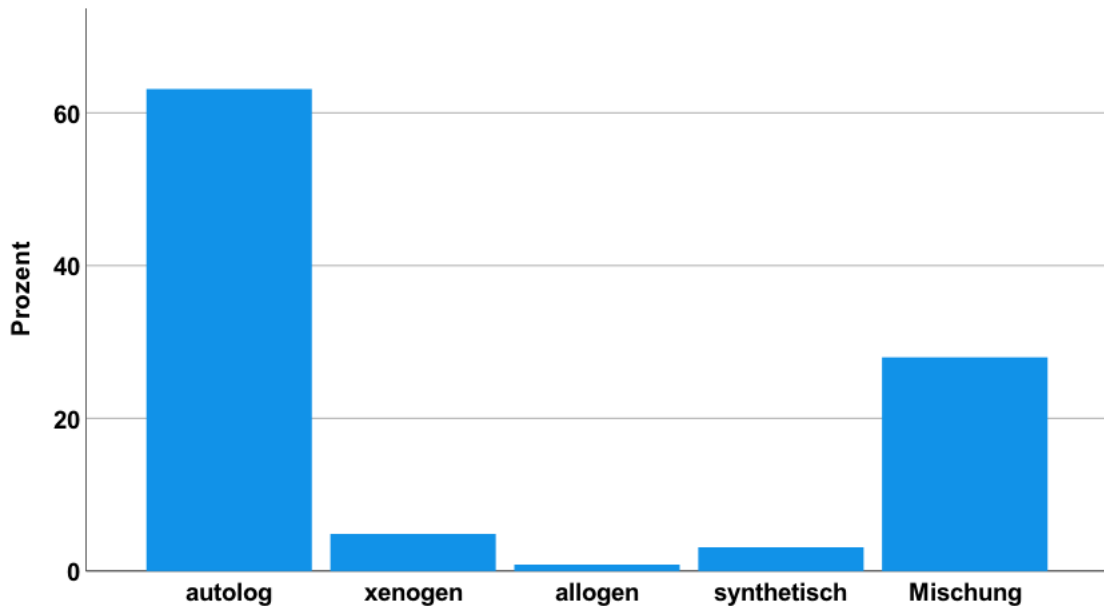


Abbildung 9 Augmentationsmaterial für PK gesamt

In Tabelle 16 werden *PK BLT* und *PK BL* gegenübergestellt. Für *PK BLT* lagen 391 (39,9%) gültige Fälle vor und für das *PK BL* 480 (42,6%). In vielen Punkten stellen sich die beiden Patientenkollektive ähnlich dar.

Tabelle 16 Augmentationsmaterialien für PK BLT und PK BL

			N	Prozent
BLT	Augmentationsmaterialien	autolog	255	60,1%
		xenogen	28	6,6%
		allogen	6	1,4%
		synthetisch	1	0,2%
		Mischung	134	31,6%
	Gesamt		424	100,0%
BL	Augmentationsmaterialien	autolog	368	67,8%
		xenogen	17	3,1%
		allogen	2	0,4%
		synthetisch	28	5,2%
		Mischung	128	23,6%
	Gesamt		543	100,0%

4.2.6 Antibiotikagabe

Bei 1145 (54,3%) der Implantate wurde ein Antibiotikum verschrieben. In weniger Fällen wurde auf eine Antibiotikagabe verzichtet (n=962; 45,6%). Die Dauer der Einnahme umfasst am häufigsten drei (n=338; 34,7%) oder fünf (n=353; 36,2%) Tage. Klar präferiert wurden auch die Gabe von Amoxicillin (n=246; 23,6%) und die Kombination aus Amoxicillin und Clavulansäure (n=512; 49,0%). Weitere Antibiotika, die verschrieben wurden, waren Clindamycin (n=82; 7,9%), Cefadroxil (n=128; 12,3%) und Cephazolin (n=72; 6,9%).

Im *PK BLT* haben in 566 (57,7%) der Fälle die Patienten ein Antibiotikum eingenommen und im *PK BL* in 579 (51,4%) der Fälle. Die Dauer der Antibiotikagabe wird in Tabelle 17 dargestellt. Bezogen auf die verwendeten Antibiotika stellt sich die Verteilung ähnlich zum Gesamtkollektiv dar. Bei beiden Patientenkollektiven waren die bevorzugten Antibiotika Amoxicillin und die Kombination aus Amoxicillin und Clavulansäure. Für das *PK BLT* bedeutet das, dass bei 103 (21,1%) Implantaten ersteres und bei 238 (48,7%) Implantaten letzteres verschrieben wurde. Im *PK BL* belief sich die Anzahl der Implantate, bei denen der Patient Amoxicillin eingenommen hat, auf 143 (25,8%) und für die Kombination aus Amoxicillin und Clavulansäure auf 274 (49,4%).

Tabelle 17 Dauer der Antibiotikagabe für PK BLT und PK BL in Tagen

Implantatsystem			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	
BLT	Gültig	1	73	7,4	14,4	
		2	11	1,1	2,2	
		3	169	17,2	33,4	
		4	2	,2	,4	
		5	200	20,4	39,5	
		6	10	1,0	2,0	
		7	18	1,8	3,6	
		8	4	,4	,8	
		10	19	1,9	3,8	
		Gesamt	506	51,6	100,0	
		Fehlend	System	475	48,4	
		Gesamt		981	100,0	
BL	Gültig	1	16	1,4	3,4	
		2	4	,4	,9	
		3	169	15,0	36,1	
		4	4	,4	,9	
		5	153	13,6	32,7	
		6	45	4,0	9,6	
		7	35	3,1	7,5	
		8	4	,4	,9	
		10	34	3,0	7,3	
		14	2	,2	,4	
		15	2	,2	,4	
		Gesamt	468	41,5	100,0	
		Fehlend	System	659	58,5	
		Gesamt		1127	100,0	

4.3 Implantatüberleben

4.3.1 Nachbeobachtungszeitraum und Zeitpunkt Implantatverlusts

Der Nachbeobachtungszeitraum beschreibt die Zeit zwischen Implantation und der letzten Vorstellung des Patienten in der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten in Jahren. Für *PK gesamt* liegt die maximale Zeitspanne bei 13 Jahren, der Mittelwert bei 2,47 Jahren mit einer Standardabweichung von 2,89. Zu beachten ist hier, dass 662 (31,4%) Implantate eine Nachbeobachtungszeit von unter einem Jahr haben.

Der Nachbeobachtungszeitraum bei *PK BLT* liegt im Mittelwert bei 1,08 Jahren mit einer Standardabweichung von 1,20. Bei *PK BL* liegt der Mittelwert bei 3,67 Jahren und die Standardabweichung bei 3,36. Zudem ist zu erwähnen, dass bei *PK BLT* die längste Nachuntersuchungszeit 5 Jahre beträgt und bei *PK BL* 13 Jahre. Es besteht ebenfalls ein Unterschied in der Anzahl der Implantate mit weniger als einem Jahr Nachbeobachtungszeit. Bei *PK BLT* sind dies 388 (39,6%) und bei *PK BL* 274 (24,3%).

Als Frühverlust werden hier Implantate, die innerhalb von 12 Monaten nach Implantation verloren wurden, definiert. Alle weiteren Verluste werden als Spätverlust dokumentiert. Für *PK gesamt* bedeutet dies, dass 76 (60,3%) der Implantate innerhalb des ersten Jahres verloren gehen und somit Frühverluste sind. Zudem gehen bei *PK BLT* 42 (66,7%) Implantate innerhalb des ersten Jahres verloren und bei *PK BL* 34 (54,0%).

4.3.2 Knochenabbau

Die Vorgehensweise bei Betrachtung des Knochenabbaus wird in 3.3 erläutert. Maximum, Minimum und weitere Daten werden für die mesiale und distale Seite getrennt und als Durchschnitt in folgenden Tabellen dargestellt (siehe Tabelle 18, Tabelle 19,

Tabelle 20). Hierbei ist wichtig, dass das Minuszeichen in diesem Fall eine Zunahme an Knochen bedeutet und die Abwesenheit eine Abnahme.

Tabelle 18 mesialer Knochenabbau für alle PK

	<i>PK gesamt</i>	<i>PK BLT</i>	<i>PK BL</i>
Vorhandene Röntgenbilder	1337	575	761
Fehlende Röntgenbilder	771	406	366
Mittelwert	0,546	0,551	0,543
Standardabweichung	0,8650	0,7939	0,9155
Minimum	-1,8	-0,9	-1,8
Maximum	7,9	4,8	7,9

Tabelle 19 distaler Knochenabbau für alle PK

	PK gesamt	PK BLT	PK BL
Vorhandene Röntgenbilder	1349	583	766
Fehlende Röntgenbilder	759	398	361
Mittelwert	0,57	0,569	0,571
Standard-Abweichung	0,9388	0,8863	0,9775
Minimum	-3,0	-2,0	-3,0
Maximum	9,0	4,8	9,0

Tabelle 20 durchschnittlicher Knochenabbau für alle PK

	PK gesamt	PK BLT	PK BL
Vorhandene Röntgenbilder	1375	601	774
Fehlende Röntgenbilder	733	380	353
Mittelwert	0,567	0,571	0,564
Standard-Abweichung	0,8576	0,7822	0,9123
Minimum	-3,0	-1,0	-3,0
Maximum	7,9	7,9	7,9

Zur weiteren Auswertung wird der Knochenabbau in drei Klassen eingeteilt. In Tabelle 21 wird dies für die mesiale Seite aufgeschlüsselt, in Tabelle 22 für die distale Seite und in Tabelle 23 für den durchschnittlichen Knochenabbau. Es werden jeweils die Anzahl der Implantate, als auch die Prozentangabe bezogen auf das Kollektiv zu dem Daten vorhanden waren. Bei der späteren Betrachtung der Einflüsse auf den Knochenabbau wird der durchschnittliche Knochenabbau zur Analyse herangezogen. Zur Erläuterung siehe 3.3.

Tabelle 21 mesialer Knochenabbau für alle PK in drei Klassen

	PK gesamt	PK BLT	PK BL
≤2mm	1236 (92,5%)	543 (92,9%)	702 (92,2%)
2-4mm	92 (6,9%)	40 (7,0%)	52 (6,8%)
>4mm	8 (0,6%)	1 (0,2%)	7 (0,9%)

Tabelle 22 distaler Knochenabbau für alle PK in drei Klassen

	PK gesamt	PK BLT	PK BL
≤2mm	1236 (91,8%)	532 (91,6%)	704 (91,9%)
2-4mm	98 (7,3%)	44 (7,6%)	54 (7,0%)
>4mm	13 (1,0%)	5 (0,9%)	8 (1,0%)

Tabelle 23 durchschnittlicher Knochenabbau für alle PK in drei Klassen

	PK gesamt	PK BLT	PK BL
≤2mm	1272 (92,6%)	557 (92,8%)	715 (92,4%)
2-4mm	90 (6,6%)	39 (6,5%)	51 (6,6%)
>4mm	12 (0,9%)	4 (0,7%)	8 (1,0%)

Der zeitliche Abstand zwischen beiden Röntgenbildern, die zur Messung herangezogen wurden, beträgt im Mittelwert 2,5 Jahre (Standardabweichung 2,55 Jahre) beim *PK gesamt*. Für das *PK BLT* beläuft sich dieser auf 1,52 Jahre (Standardabweichung 1,34 Jahre) und für das *PK BL* auf 3,29 Jahre (Standardabweichung 2,97 Jahre). Der kürzeste Abstand ist für jedes Patientenkollektiv weniger als ein Jahr, wohingegen der längste Abstand beim *PK BLT* 6 Jahre und beim *PK BL* 14 Jahre beträgt.

4.3.3 Gesamtüberleben

Als Misserfolg wird im Folgenden die Explantation definiert. Nach Abschluss der Auswertung waren von insgesamt 2108 betrachteten Implantaten 1982 noch in situ und 126 explantiert. Somit lag das Gesamtüberleben bei 94,0%. Mit 6,4% explantierter Implantate im *PK BLT*, liegt dieser über den 5,6% explantierter Implantate im *PK BL*. Alle weiteren Daten sind der folgenden Tabelle 24 zu entnehmen.

Tabelle 24 Implantatüberleben für alle PK

	Anzahl Explantationen (n)	Explantation (%)	Überleben (%)
PK gesamt	126	6,0	94,0
PK BLT	63	6,4	93,6
PK BL	63	5,6	94,4

Zudem wurde die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier durchgeführt. Hierbei wurden die beiden Implantatsysteme miteinander verglichen. Das Ereignis hierbei war die Explantation. Es wurden nur die ersten fünf Jahre betrachtet, da die längste Nachbeobachtungszeit beim *PK BLT* fünf Jahre beträgt.

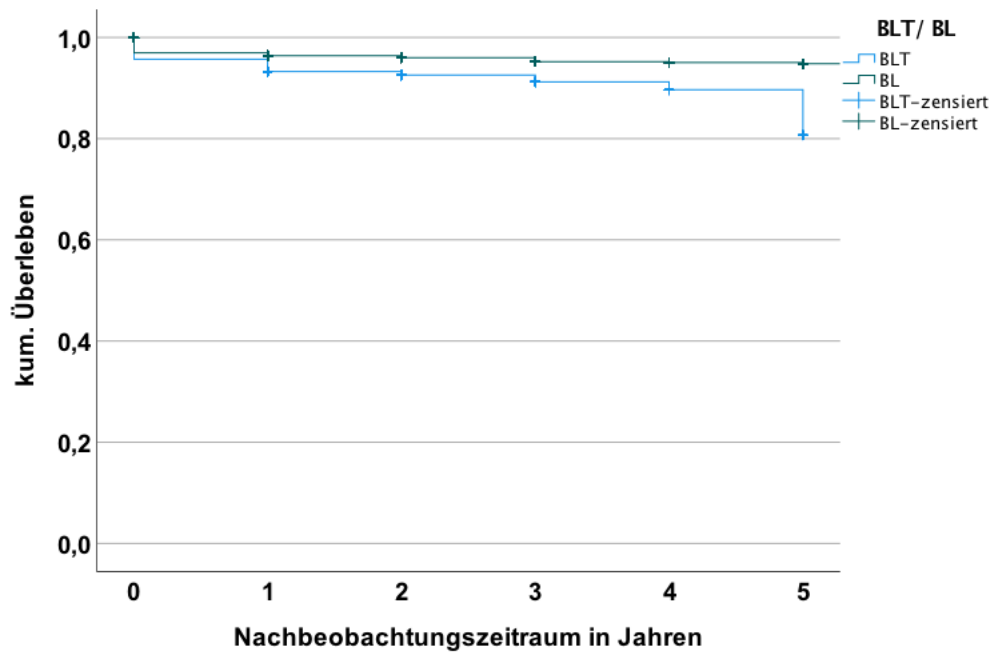


Abbildung 10 Überlebenskurve für PK BLT und PK BL

4.4 Einfluss verschiedener Faktoren

4.4.1 Geschlecht

Zuerst soll der Einfluss des Geschlechts des Patienten auf das Implantatüberleben und den durchschnittlichen Knochenabbau betrachtet werden.

Implantatüberleben

Es wurden mehr Implantate bei weiblichen Patienten ($n=70$; 55,6%) verloren als bei männlichen ($n=56$; 44,4%) bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv. Für *PK BLT* wurden bei weiblichen Patienten 35 (6,9%) Implantate verloren und bei männlichen Patienten 28 (5,9%). Die Differenz ist bei *PK BL* verhältnismäßig geringer. Hier wurden bei weiblichen Patienten 35 (5,8%) Implantate explantiert und bei männlichen Patienten 28 (5,4%).

Knochenabbau

In Tabelle 25 werden für *PK BLT*, *PK BL* und *PK gesamt* der Knochenabbau getrennt nach Geschlecht aufgeführt. In allen drei Patientenkollektiven liegt der prozentuale Anteil an männlichen Patienten in der Gruppe $\leq 2\text{mm}$ über dem der weiblichen Patienten. Umgekehrt verhält

es sich für die beiden anderen Gruppen. Hier sind mehr weibliche Patienten vertreten, abgesehen von *PK BLT* >4mm (weiblich 0,7%, männlich 0,7%).

Tabelle 25 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Geschlecht

BLT/ BL				Geschlecht		Gesamt	
				weiblich	männlich		
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	277	280	557	
			% von Geschlecht	91,4%	94,3%	92,8%	
		2-4mm	Anzahl	24	15	39	
			% von Geschlecht	7,9%	5,1%	6,5%	
		>4mm	Anzahl	2	2	4	
			% von Geschlecht	0,7%	0,7%	0,7%	
	Gesamt		Anzahl	303	297	600	
			% von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%	
	BL	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	373	342	715
				% von Geschlecht	91,6%	93,2%	92,4%
2-4mm			Anzahl	28	23	51	
			% von Geschlecht	6,9%	6,3%	6,6%	
>4mm			Anzahl	6	2	8	
			% von Geschlecht	1,5%	0,5%	1,0%	
Gesamt		Anzahl	407	367	774		
		% von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%		
Gesamt		durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	650	622	1272
				% von Geschlecht	91,5%	93,7%	92,6%
	2-4mm		Anzahl	52	38	90	
			% von Geschlecht	7,3%	5,7%	6,6%	
	>4mm		Anzahl	8	4	12	
			% von Geschlecht	1,1%	0,6%	0,9%	
	Gesamt		Anzahl	710	664	1374	
			% von Geschlecht	100,0%	100,0%	100,0%	

4.4.2 Risikofaktoren

Das gesamte Patientenkollektiv wird in zwei Gruppen aufgeteilt. Zum einen Patienten ohne Risikofaktoren (n=518) oder mit vorhandenen Risikofaktoren (n=1590).

Implantatüberleben

Der Zusammenhang zwischen Implantatüberleben und dem Vorhandensein von Risikofaktoren wird mithilfe einer Kreuztabelle näher beleuchtet. Hierbei lassen sich nur geringe Unterschiede beobachten. Bei den verlorenen Implantaten wurden 5,6% (n=29) in Patienten ohne Risikofaktoren implantiert und 6,1% (n=97) bei Patienten mit mind. einem Risikofaktor.

Für *PK BLT* (n=49; 6,2%) und *PK BL* (n=48; 6,0%) sind ähnlich viele Implantat bei Patienten mit Risikofaktoren verloren gegangen. Unterschiedlich ist hingegen die Anzahl der Patienten ohne Risikofaktoren. Für *PK BLT* sind dies 14 (7,2%) Implantate und für *PK BL* 15 (4,6%) der Implantate.

Knochenabbau

Für das *PK BLT* und das *PK gesamt* sind mehr Patienten ohne Risikofaktoren im Bereich von weniger als 2mm Knochenabbau. Mehr, oder im Falle von *PK BL* gleich viele, Patienten mit Risikofaktoren befinden sich im mittleren Bereich. Alle weiteren Daten lassen sich Tabelle 26 entnehmen.

Tabelle 26 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Risikofaktoren

BLT/ BL				mind. 1 Risikofaktor vor-		Gesamt	
				Nein	Ja		
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	127	430	557	
			% von Risikofaktoren	96,9%	91,7%	92,8%	
		2-4mm	Anzahl	3	36	39	
			% von Risikofaktoren	2,3%	7,7%	6,5%	
		>4mm	Anzahl	1	3	4	
			% von Risikofaktoren	0,8%	0,6%	0,7%	
		Gesamt		Anzahl	131	469	600
				% von Risikofaktoren	100,0%	100,0%	100,0%
BL	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	194	521	715	
			% von Risikofaktoren	91,9%	92,5%	92,4%	
		2-4mm	Anzahl	14	37	51	
			% von Risikofaktoren	6,6%	6,6%	6,6%	
		>4mm	Anzahl	3	5	8	
			% von Risikofaktoren	1,4%	0,9%	1,0%	
		Gesamt		Anzahl	211	563	774
				% von Risikofaktoren	100,0%	100,0%	100,0%
Ge- sam	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	321	951	1272	
			% von Risikofaktoren	93,9%	92,2%	92,6%	
		2-4mm	Anzahl	17	73	90	
			% von Risikofaktoren	5,0%	7,1%	6,6%	
		>4mm	Anzahl	4	8	12	
			% von Risikofaktoren	1,2%	0,8%	0,9%	
		Gesamt		Anzahl	342	1032	1374
				% von Risikofaktoren	100,0%	100,0%	100,0%

4.4.3 Implantatdurchmesser (≤3,3mm vs. ≥4,1mm)

Es werden die Durchmesser in zwei Gruppen aufgeteilt. Einmal kleiner gleich 3,3mm (n=518) und die andere größer gleich 4,1mm (n=826).

Implantatüberleben

Im Zusammenhang mit dem Implantatüberleben lässt sich feststellen, dass mehr Implantat in der ersten Gruppe ($\leq 3,3\text{mm}$) verloren gehen ($n=53$; 7,0%) als in der zweiten ($n=67$; 5,3%). Zudem ist ein Unterschied zwischen *PK BLT* und *PK BL* zu erkennen. Zum einen wurden mehr Implantate $\leq 3,3\text{mm}$ im *PK BL* ($n=453$) inseriert, als im *PK BLT* ($n=309$). Zum anderen sind bei Implantaten $\leq 3,3\text{mm}$ im *PK BLT* 30 (9,7%) Implantate verloren gegangen und bei *PK BL* nur 23 (5,1%). Die Implantatverluste bei Implantaten $\geq 4,1\text{mm}$ sind vergleichbarer. Hier gingen im *PK BLT* 33 (4,9%) Implantate verloren und im *PK BL* 34 (5,4%). Wie an den Prozentzahlen zu erkennen ist, sind auch bei den getrennten Patientenkollektiven jeweils mehr Implantate $\leq 3,3\text{mm}$ als $\geq 4,1\text{mm}$ nicht mehr in situ.

Knochenabbau

In Tabelle 27 wird deutlich, dass in allen drei Patientenkollektiven verhältnismäßig mehr $\geq 4,1\text{mm}$ Implantate einen Knochenabbau von weniger als 2mm aufweisen. Zudem gibt es in den zwei weiteren Bereichen des Knochenabbaus mehr $\leq 3,3\text{mm}$ Implantate.

Die Gesamtanzahl ist mit 1369 geringer als die Gesamtanzahl der vorherigen beiden Tabellen mit 1374, da zu den fehlende 5 Implantaten, die Angabe zum konkreten Durchmesser fehlt in Bezug zum Knochenabbau und sie somit nicht beachtet werden konnten.

Tabelle 27 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Implantatdurchmesser

				≤ 3,3mm	≥ 4,1mm	Gesamt	
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	183	371	554	
			% von Implantatdurchmesser	89,3%	94,6%	92,8%	
		2-4mm	Anzahl	20	19	39	
			% von Implantatdurchmesser	9,8%	4,8%	6,5%	
		>4mm	Anzahl	2	2	4	
			% von Implantatdurchmesser	1,0%	0,5%	0,7%	
		Gesamt		Anzahl	205	392	597
				% von Implantatdurchmesser	100,0%	100,0%	100,0%
BL	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	287	426	713	
			% von Implantatdurchmesser	88,6%	95,1%	92,4%	
		2-4mm	Anzahl	32	19	51	
			% von Implantatdurchmesser	9,9%	4,2%	6,6%	
		>4mm	Anzahl	5	3	8	
			% von Implantatdurchmesser	1,5%	0,7%	1,0%	
		Gesamt		Anzahl	324	448	772
				% von Implantatdurchmesser	100,0%	100,0%	100,0%
Gesamt	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	470	797	1267	
			% von Implantatdurchmesser	88,8%	94,9%	92,5%	
		2-4mm	Anzahl	52	38	90	
			% von Implantatdurchmesser	9,8%	4,5%	6,6%	
		>4mm	Anzahl	7	5	12	
			% von Implantatdurchmesser	1,3%	0,6%	0,9%	
		Gesamt		Anzahl	529	840	1369
				% von Implantatdurchmesser	100,0%	100,0%	100,0%

4.4.4 Implantatlänge (≤8mm vs. ≥10mm)

Bei der Implantatlänge werden die Implantate kürzer gleich 8mm (n=362; 17,9%) den größer gleich 10mm (n=1664; 82,1%) gegenübergestellt. Hierbei fällt zuerst die unterschiedliche Häufigkeit der Implantatlängen auf.

Implantatüberleben

Bei Betrachtung des Implantatüberlebens wird deutlich, dass mehr Implantate $\leq 8\text{mm}$ ($n=29$; 8%) als Implantate $\geq 10\text{mm}$ verloren gegangen sind. In der Gruppe von Implantaten mit $\geq 10\text{mm}$ sind nur 5,5% ($n=91$) der Implantate explantiert worden. Bei Betrachtung der getrennten Patientenkollektive ist die Differenz der explantierten Implantate bei Implantaten $\leq 8\text{mm}$ auffällig. Im *PK BLT* wurden 23 (10,6%) Implantate und im *PK BL* nur 6 (4,1%) Implantate verloren. Für die Gruppe $\geq 10\text{mm}$ verhalten sich die Patientenkollektive ähnlich, da im *PK BLT* 40 (5,3%) Implantate und im *PK BL* 51 (5,6%) nicht mehr in situ waren.

Knochenabbau

In Tabelle 28 wird der durchschnittliche Knochenabbau für die drei Patientenkollektive nach den zwei Implantatlängen unterteilt dargestellt.

Die Gesamtanzahl ist mit 1370 geringer als die Gesamtanzahl der ersten beiden Tabellen mit 1374 (siehe Tabelle 25 und Tabelle 26) da zu den hier fehlenden Implantaten, keine konkreten Angaben bzgl. der Implantatlänge und des Knochenabbaus vorhanden waren.

Tabelle 28 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Implantatlänge

				≤8mm	≥10mm	Gesamt	
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	121	434	555	
			% von Implantatlänge	95,3%	92,1%	92,8%	
	2-4mm	Anzahl	5	34	39		
		% von Implantatlänge	3,9%	7,2%	6,5%		
	>4mm	Anzahl	1	3	4		
		% von Implantatlänge	0,8%	0,6%	0,7%		
	Gesamt			Anzahl	127	471	598
				% von Implantatlänge	100,0%	100,0%	100,0%
BL	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	92	621	713	
			% von Implantatlänge	91,1%	92,5%	92,4%	
	2-4mm	Anzahl	7	44	51		
		% von Implantatlänge	6,9%	6,6%	6,6%		
	>4mm	Anzahl	2	6	8		
		% von Implantatlänge	2,0%	0,9%	1,0%		
	Gesamt			Anzahl	101	671	772
				% von Implantatlänge	100,0%	100,0%	100,0%
Gesamt	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	213	1055	1268	
			% von Implantatlänge	93,4%	92,4%	92,6%	
	2-4mm	Anzahl	12	78	90		
		% von Implantatlänge	5,3%	6,8%	6,6%		
	>4mm	Anzahl	3	9	12		
		% von Implantatlänge	1,3%	0,8%	0,9%		
	Gesamt			Anzahl	228	1142	1370
				% von Implantatlänge	100,0%	100,0%	100,0%

4.4.5 Frontzahn vs. Seitenzahn

Implantatüberleben

Es wurden bei PK *gesamt* 742 Implantate im Frontzahnbereich inseriert, davon wurden 48 (6,5%) Implantate verloren. Im Seitenzahnbereich belief sich die Zahl der inserierten Implantate auf 1360 und die Zahl der verlorenen auf 78 (5,7%). Damit wurden im Seitenzahnbereich prozentual weniger Implantate verloren. Im PK BLT wurden 375 Implantate im Frontzahnbereich implantiert, wovon 26 (6,9%) explantiert wurden. Im Seitenzahnbereich betrug die Anzahl

insgesamt 602 und davon sind 37 (6,1%) nicht mehr in situ. 367 Implantate wurden im Frontzahnbereich platziert für *PK BL*. Hiervon sind 22 (6,0%) Implantate verloren gegangen. Für den Seitenzahnbereich beläuft sich die Gesamtzahl auf 758 Implantate und 41 (5,4%) Verluste.

Knochenabbau

Im Seitenzahnbereich befinden sich in allen drei Patientenkollektiven mehr Implantate als im Frontzahnbereich in der Gruppe von weniger als 2mm Knochenabbau. Umgekehrt verhält es sich für die Gruppe von 2-4mm Knochenabbau. Hier überwiegen die Implantate im Frontzahnbereich. Alle weiteren Daten sind der Tabelle 29 zu entnehmen.

Die Gesamtanzahl ist mit 1372 geringer als die Gesamtanzahl der ersten beiden Tabellen mit 1374 (siehe Tabelle 25 und Tabelle 26) da zu den hier fehlenden Implantaten, keine konkreten Angaben bzgl. der Implantation im Frontzahn oder Seitenzahnbereich und des Knochenabbaus vorhanden waren.

Tabelle 29 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Frontzahn vs. Seitenzahn

				Front- zahn	Seiten- zahn	Gesamt		
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (ein- geteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	210	347	557		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	90,9%	94,0%	92,8%		
		2-4mm	Anzahl	20	19	39		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	8,7%	5,1%	6,5%		
		>4mm	Anzahl	1	3	4		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	0,4%	0,8%	0,7%		
		Gesamt			Anzahl	231	369	600
					% von Frontzahn vs Seitenzahn	100,0%	100,0%	100,0%
BL	durchschnittlicher Knochenabbau (ein- geteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	223	490	713		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	89,2%	93,9%	92,4%		
		2-4mm	Anzahl	22	29	51		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	8,8%	5,6%	6,6%		
		>4mm	Anzahl	5	3	8		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	2,0%	0,6%	1,0%		
		Gesamt			Anzahl	250	522	772
					% von Frontzahn vs Seitenzahn	100,0%	100,0%	100,0%
Ge- samt	durchschnittlicher Knochenabbau (ein- geteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	433	837	1270		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	90,0%	93,9%	92,6%		
		2-4mm	Anzahl	42	48	90		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	8,7%	5,4%	6,6%		
		>4mm	Anzahl	6	6	12		
			% von Frontzahn vs Seitenzahn	1,2%	0,7%	0,9%		
		Gesamt			Anzahl	481	891	1372
					% von Frontzahn vs Seitenzahn	100,0%	100,0%	100,0%

4.4.6 Oberkiefer vs. Unterkiefer

Implantatüberleben

Als nächstes wird der Unterschied zwischen der Implantation im Oberkiefer oder Unterkiefer näher betrachtet. Für *PK gesamt* ergeben sich im Oberkiefer 77 (6,1%) Implantatverluste und im Unterkiefer 49 (5,8%). Für die getrennten Patientenkollektive sind nur minimale Differenzen zwischen Oberkiefer und Unterkiefer zu erkennen. Im *PK BLT* wurden im Oberkiefer 604 Implantate gesetzt, wovon 39 (6,5%) verloren wurden. Im Unterkiefer belief sich die Gesamtzahl auf 377 Implantate und die Verluste auf 24 (6,4%) Implantate. Ähnlich verhielt sich das Implantatüberleben für *PK BL*. Hier gingen 38 (5,8%) der Implantate im Oberkiefer und 25 (5,4%) der Implantate im Unterkiefer verloren.

Knochenabbau

Deutlich zu erkennen ist in der Tabelle 30 die prozentuale Überrepräsentation, der im Unterkiefer inserierten, Implantate in der Kategorie von weniger als 2mm Knochenabbau. Zudem fällt das vermehrte Vorkommen, der im Oberkiefer platzierten Implantate, in den zwei weiteren Kategorien auf.

Tabelle 30 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Oberkiefer vs. Unterkiefer

				OK	UK	Gesamt	
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	334	223	557	
			% von OK vs UK	90,3%	97,0%	92,8%	
		2-4mm	Anzahl	32	7	39	
			% von OK vs UK	8,6%	3,0%	6,5%	
		>4mm	Anzahl	4	0	4	
			% von OK vs UK	1,1%	0,0%	0,7%	
	Gesamt			Anzahl	370	230	600
				% von OK vs UK	100,0%	100,0%	100,0%
	BL	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	408	307	715
				% von OK vs UK	89,1%	97,2%	92,4%
2-4mm			Anzahl	43	8	51	
			% von OK vs UK	9,4%	2,5%	6,6%	
>4mm			Anzahl	7	1	8	
			% von OK vs UK	1,5%	0,3%	1,0%	
Gesamt			Anzahl	458	316	774	
			% von OK vs UK	100,0%	100,0%	100,0%	
Gesamt		durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	742	530	1272
				% von OK vs UK	89,6%	97,1%	92,6%
	2-4mm		Anzahl	75	15	90	
			% von OK vs UK	9,1%	2,7%	6,6%	
	>4mm		Anzahl	11	1	12	
			% von OK vs UK	1,3%	0,2%	0,9%	
	Gesamt			Anzahl	828	546	1374
				% von OK vs UK	100,0%	100,0%	100,0%

4.4.7 Implantationszeitpunkt

Implantatüberleben

Bezogen auf das Implantatüberleben ergeben sich die prozentual meisten Implantatverluste für die Sofortimplantate. Im *PK BLT* sind dies 6 (12,5%) Verluste, im *PK BL* ebenfalls 6 (10,9%) und im *PK gesamt* 12 (11,7%). Die geringsten Implantatverluste lassen sich bei der verzögerten Sofortimplantation beobachten. Zu beachten ist die hierbei insgesamt geringe Fallzahl mit

57 Implantaten. Von diesen ist nur eines aus dem *PK BL* nicht mehr in situ. Bei den Spätimplantaten sind im *PK BLT 57* (6,3%) Implantate explantiert wurden, im *PK BL 56* (5,4%) und im *PK gesamt* 113 (5,8%).

Knochenabbau

Die Daten bezogen auf den Knochenabbau nach Implantationszeitpunkt lassen sich der Tabelle 31 entnehmen. Die Gesamtanzahl ist mit 1372 geringer als die Gesamtanzahl der ersten beiden Tabellen mit 1374 (siehe Tabelle 25 und Tabelle 26) da zu den hier fehlenden Implantaten, keine konkreten Angaben bzgl. Des Implantationszeitpunktes und des Knochenabbaus vorhanden waren.

Tabelle 31 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Implantationszeitpunkt

				Sofortim- plantation	Spätim- plantation	Frühimplan- tation	Gesamt
BLT	durch- schnittlicher Knochenab- bau (eingei- teilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	29	514	13	556
			% von Impl.-zeitpunkt	93,5%	93,1%	86,7%	93,0%
		2- 4mm	Anzahl	2	34	2	38
			% von Impl.-zeitpunkt	6,5%	6,2%	13,3%	6,4%
		>4mm	Anzahl	0	4	0	4
			% von Impl.-zeitpunkt	0,0%	0,7%	0,0%	0,7%
		Gesamt	Anzahl	31	552	15	598
			% von Impl.-zeitpunkt	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
BL	durch- schnittlicher Knochenab- bau (eingei- teilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	37	654	24	715
			% von Impl.-zeitpunkt	97,4%	91,9%	100,0%	92,4%
		2- 4mm	Anzahl	1	50	0	51
			% von Impl.-zeitpunkt	2,6%	7,0%	0,0%	6,6%
		>4mm	Anzahl	0	8	0	8
			% von Impl.-zeitpunkt	0,0%	1,1%	0,0%	1,0%
		Gesamt	Anzahl	38	712	24	774
			% von Implantations- zeitpunkt	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Ge- samt	durch- schnittlicher Knochenab- bau (eingei- teilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	66	1168	37	1271
			% von Impl.-zeitpunkt	95,7%	92,4%	94,9%	92,6%
		2- 4mm	Anzahl	3	84	2	89
			% von Impl.-zeitpunkt	4,3%	6,6%	5,1%	6,5%
		>4mm	Anzahl	0	12	0	12
			% von Impl.-zeitpunkt	0,0%	0,9%	0,0%	0,9%
		Gesamt	Anzahl	69	1264	39	1372
			% von Impl.-zeitpunkt	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

4.4.8 Einheilmodus

Implantatüberleben

Sowohl bei *PK gesamt* (n=6; 21,4%) als auch bei *PK BLT* (n=5; 22,7%) und *PK BL* (n=1; 16,7%) sind die prozentual meisten Implantatverluste bei der provisorischen Sofortversorgung zu verzeichnen. Wichtig hierbei ist, dass nur bei 28 Implantaten diese Variante gewählt wurde

und somit die Anzahl geringer ist als beim subgingivalen Einheilmodus (n=1388) und transgingivalen Einheilmodus (n=689). Am wenigsten Implantatverluste lassen sich bei der subgingivalen Einheilung beobachten. Für *PK BLT* beläuft sich die Anzahl hier auf 43 (5,7%) Implantate, für *PK BL* auf 25 (3,9%) Implantate und für *PK gesamt* auf 68 (4,9%) Implantate.

Knochenabbau

Die Verteilung bezüglich des durchschnittlichen Knochenabbaus lassen sich Tabelle 32 entnehmen.

Tabelle 32 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Einhelmodus

				subgingi- val	transgingi- val	prov. So- fortversor- gung	Gesamt	
BLT	durch- schnittlicher Knochenab- bau (eingei- teilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	406	138	13	557	
			% von Einhelmodus	92,5%	93,9%	92,9%	92,8%	
		2-4mm	Anzahl	30	8	1	39	
			% von Einhelmodus	6,8%	5,4%	7,1%	6,5%	
		>4mm	Anzahl	3	1	0	4	
			% von Einhelmodus	0,7%	0,7%	0,0%	0,7%	
	Gesamt		Anzahl	439	147	14	600	
			% von Subgingival vs Transgingivale Einheilung	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	
	BL	durch- schnittlicher Knochenab- bau (eingei- teilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	401	312	2	715
				% von Einhelmodus	90,3%	95,1%	100,0%	92,4%
2-4mm			Anzahl	38	13	0	51	
			% von Einhelmodus	8,6%	4,0%	0,0%	6,6%	
>4mm			Anzahl	5	3	0	8	
			% von Einhelmodus	1,1%	0,9%	0,0%	1,0%	
Gesamt		Anzahl	444	328	2	774		
		% von Einhelmodus	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%		
Ge- samt		durch- schnittlicher Knochenab- bau (eingei- teilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	807	450	15	1272
				% von Einhelmodus	91,4%	94,7%	93,8%	92,6%
	2-4mm		Anzahl	68	21	1	90	
			% von Einhelmodus	7,7%	4,4%	6,3%	6,6%	
	>4mm		Anzahl	8	4	0	12	
			% von Einhelmodus	0,9%	0,8%	0,0%	0,9%	
	Gesamt		Anzahl	883	475	16	1374	
			% von Einhelmodus	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

4.4.9 Augmentation

Als letztes soll untersucht werden ob es einen Unterschied gibt, wenn eine Augmentation durchgeführt wird. Zudem wird unterschieden zwischen einer einzeitig durchgeführten Augmentation und einer zweizeitig durchgeführten. Da nur 4,9% der Implantate ein zweites Mal

augmentiert wurden, wird sich im weiteren Verlauf der Analyse auf die zuerst durchgeführte Augmentation konzentriert.

Implantatüberleben

Bezogen auf das Implantatüberleben für *PK gesamt* sind nur sehr geringe Unterschiede zu erkennen. Bei 1195 Implantaten wurde keine Augmentation durchgeführt, wovon 71 (5,9%) verloren wurden. 523 Implantate wurden zusammen mit einer einzeitigen Augmentation implantiert und 386 mit einer zweizeitigen. Insgesamt gingen bei ersterem 31 (5,9%) Implantate und bei zweitem 23 (6,0%) Implantate verloren.

Für die getrennten Patientenkollektive ist die Verteilung unterschiedlicher ausgeprägt. Im *PK BLT* sind bei der einzeitigen Augmentation mehr Implantate explantiert worden ($n=15$; 7,6%) und im *PK BL* bei der zweizeitigen Augmentation ($n=12$; 7,0%). Bei dem jeweilig anderen Augmentationszeitpunkt sind die wenigsten Implantate nicht mehr in situ. Das heißt im *PK BLT* bei den zweizeitigen Augmentationen ($n=11$; 5,1%) und bei *PK BL* bei den einzeitigen Augmentationen ($n=16$; 4,9%). Ohne Augmentation wurden im *PK BLT* 37 (6,5%) Implantate explantiert und im *PK BL* 34 (5,4%).

Knochenabbau

In der Tabelle 33 wird für alle drei Patientenkollektive der Unterschied in der Verteilung des durchschnittlichen Knochenabbaus bezogen auf das Stattfinden einer Augmentation dargestellt.

Die Gesamtanzahl ist mit 1371 geringer als die Gesamtanzahl der ersten beiden Tabellen mit 1374 (siehe Tabelle 25 und Tabelle 26) da zu den hier fehlenden Implantaten, keine konkreten Angaben bzgl. Des Implantationszeitpunktes und des Knochenabbaus vorhanden waren.

Tabelle 33 Kreuztabelle Knochenabbau für alle PK nach Augmentation

				Ja ein- zeitig	Nein	Ja zwei- zeitig	Gesamt
BLT	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	99	322	135	556
			% von Augmentation	90,0%	93,6%	93,1%	
	2-4mm	Anzahl	11	19	9	39	
		% von Augmentation	10,0%	5,5%	6,2%		
	>4mm	Anzahl	0	3	1	4	
		% von Augmentation	0,0%	0,9%	0,7%		
	Gesamt			Anzahl	110	344	145
BL	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	199	387	127	713
			% von Augmentation	92,6%	92,4%	92,0%	
	2-4mm	Anzahl	13	28	10	51	
		% von Augmentation	6,0%	6,7%	7,2%		
	>4mm	Anzahl	3	4	1	8	
		% von Augmentation	1,4%	1,0%	0,7%		
	Gesamt			Anzahl	215	419	138
Gesamt	durchschnittlicher Knochenabbau (eingeteilt nach Health Scale)	≤2mm	Anzahl	298	709	262	1269
			% von Augmentation	91,7%	92,9%	92,6%	
	2-4mm	Anzahl	24	47	19	90	
		% von Augmentation	7,4%	6,2%	6,7%		
	>4mm	Anzahl	3	7	2	12	
		% von Augmentation	0,9%	0,9%	0,7%		
	Gesamt			Anzahl	325	763	283

5 Diskussion

5.1 Implantatüberleben und Implantaterfolg

5.1.1 Implantatüberleben

Das Implantatüberleben wird hier definiert als Zustand, bei dem sich das Implantat nach dem Einsetzen immer noch in situ befindet. Alle weiteren Kriterien werden im Abschnitt zum Implantaterfolg näher beleuchtet.

Die Überlebensrate in der hier durchgeführten retrospektiven Studie beläuft sich für *PK gesamt* auf 94,0%. Die Nachuntersuchungszeit, also der Abstand zwischen Implantation und letzter Untersuchung, beläuft sich im Durchschnitt auf 2,5 Jahre (Standardabweichung 2,89 Jahre) und die längste Zeitspanne liegt bei 13 Jahren. Für *PK BLT* ist die Überlebensrate mit 93,6% etwas geringer verglichen mit der *PK BL* Überlebensrate, die mit 94,4% fast gleich hoch liegt. Ein größerer Unterschied ist bei den Nachbereitungszeiten zu erkennen. Während im *PK BLT* diese im Mittelwert nur 1,08 Jahre beträgt, beläuft sich der Mittelwert für *PK BL* auf 3,67 Jahre. Diese Abweichungen der Länge der Nachbeobachtungszeiten lassen sich mit der kürzeren Zeitspanne seit Markteinführung für die BLT Implantate begründen.

In einer systematischen Review von Moraschini et al. konnte eine durchschnittliche Überlebensrate von 94,6% (Standardabweichung 5,97%) für insgesamt 7711 Implantate aus 23 Studien ermittelt werden [1]. Somit weicht die hier ermittelte Überlebensrate nur minimal von dieser ab. Die Nachuntersuchungszeit der Studie war durchschnittlich 13,4 Jahre und damit wesentlich länger als in der hier durchgeführten Studie [1]. In einer Metaanalyse von Schimmel et al., welche den Zusammenhang zwischen Patientenalter (≥ 75 Jahre) und systemischen Erkrankungen [6] untersucht, wurde ein Implantatüberleben von 97,3% nach einem Jahr und 96,1% nach fünf Jahren dokumentiert. Damit liegen diese Prozentangaben über denen hier ermittelten und denen von Moraschini et al.

Vergleich mit anderen Studien zu BL Implantaten

In einer Studie von Santing et al. wurden 60 Patienten mit einem fehlenden Zahn in der anterioren Maxilla mit einem Bone-Level-Implantat der Firma Straumann versorgt. In 29 Fällen wurde zusätzlich eine Knochenaugmentation durchgeführt. Nach 18 Monaten ist kein Implantat verloren gegangen. Dies ergibt eine Überlebensrate von 100%. Somit liegt das Implantatüberleben über den hier ermittelten 94,4%. Mögliche Gründe hierfür sind die Exklusionskriterien der Studie, wie das Fehlen einer Parodontitis, Rauchen oder die alleinige Betrachtung der Spätimplantation. Auch ist die stark verringerte Fallanzahl zu erwähnen und die spezifische Indikationsstellung mit einem Einzelzahnimplantat in der anterioren Maxilla [29].

Etwas geringer ist das Implantatüberleben mit 98,5% nach einem Jahr bei einer Studie von Filippi et al. im Verhältnis zu der Studie von Santing et al. Es wurden 908 Bone-Level-Implantate in einer prospektiven Multicenter Studie untersucht. Die Studienbedingungen waren der hier durchgeführten Studie ähnlich, da ebenfalls keine strengen Exklusions- und Inklusionskriterien angewandt wurden und kein spezifisches Protokoll der Implantation verfolgt wurde [85].

Durch die höhere Fallzahl ist diese Studie wesentlich aussagekräftiger als die zuerst angeführte. Im Vergleich zu der hier durchgeführten Studie darf der Anteil an Patienten mit Risikofaktoren nicht vernachlässigt werden. In der Studie von Filippi et al. hatten 84,6% der Patienten keine systemischen Risikofaktoren auf, während hier 71,3% der Patienten mindestens einen Risikofaktor aufwiesen. Auch wurden hier Hochrisikopatienten mit Zustand nach Radiatio in der Kopf-/ Halsregion und Zustand nach Antiresorptivgabe mit eingeschlossen [85].

Vergleich mit anderen Studien zu BLT Implantaten

Die Überlebensrate für *PK BLT* liegt bei 93,6% mit insgesamt 63 Explantationen und die Nachbeobachtungszeit bei 1,08 Jahren \pm 1,20 bei Betrachtung von insgesamt 981 BLT Implantaten. Damit ist die Überlebensrate niedriger als die 100% mit einer Nachkontrolle von einem Jahr bei der Studie von Meijndert et al. [33] und niedriger als die 98% mit einer Nachkontrolle von zwei Jahren bei der Studie von Pariente et al. [34]. Mögliche Gründe hierfür werden in den folgenden Abschnitten diskutiert.

Im Vergleich zu den vorherigen Studien wurde hier eine größere Anzahl an BLT Implantaten (n=981) betrachtet. Zudem sind die Patienten im Durchschnitt älter mit einem Mittelwert von $57,5 \pm 15,8$ Jahren. Pariente et al. beobachtete nur 50 Implantate über den Verlauf von zwei Jahren, welche bei insgesamt 33 teilbezahnten Patienten mit einem Altersdurchschnitt von $46,5 \pm 11,4$ Jahren eingesetzt wurden [34]. Ebenso untersuchte Meijndert et al. nur 30 Einzelzahnimplantate über ein Jahr. Hier hatten die Patienten ein noch jüngeres mittleres Alter von 38 ± 16 Jahren [33].

Zudem wurden strenge Exklusionskriterien bei den vorgestellten Studien vorgeschlagen, wie der Ausschluss von Patienten, die Rauchen, eine Parodontitis aufweisen, eine Strahlentherapie in der Region des Implantats erhielten oder die Einnahme von Bisphosphonaten. Auch die Einnahme von einem Antibiotikum (Amoxicillin) über den Verlauf von 6 bis 7 Tagen wurde bei jedem Patienten angeordnet [33, 34]. Dagegen wurde in der vorliegenden retrospektiven Studie keine Exklusionskriterien formuliert und nicht alle Patienten haben ein Antibiotikum erhalten. Insgesamt wiesen 80,1% der Patienten, welche ein BLT Implantat erhielten, mind. ein Risikofaktor auf.

5.1.2 Implantaterfolg

Kriterien Implantaterfolg

Im Jahr 1986 definierte Albrektsson et al. Erfolgskriterien, welche bis heute weit verbreitet sind. Ein einzelnes, unverblocktes Einzelzahnimplantat darf keine Mobilität aufweisen und radiologisch darf es keine Anzeichen einer periimplantären Transluzenz geben. Zudem sollte der vertikale Knochenabbau im ersten Funktionsjahr weniger als 1mm betragen und nach dem ersten Jahr in Funktion weniger als 0,2mm pro Jahr. Das klinische Erscheinungsbild soll geprägt sein durch das Fehlen von Infektionen, Schmerz, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Canalis mandibularis [14].

Neben anderen Vorschlägen für neue Kriterien zur Beurteilung des Implantaterfolgs, werden in der James-Misch-Gesundheitsskala („Health Scale“, siehe Tabelle 34) auf einer Konsenskonferenz in Pisa 2007 neue Maßstäbe festgehalten [84]. Im Gegensatz zu Albrektsson et al. wird hier der Implantaterfolg in vier Kategorien eingeteilt, anstatt nur in zwei [14, 84].

Tabelle 34 Health Scale [84]

Kategorie	Klinische Bedingungen
1. Erfolg (optimale Gesundheit)	<ul style="list-style-type: none"> - keine Schmerzen oder Empfindlichkeit in der Funktion - keine Mobilität - <2mm röntgenologischer Knochenverlust seit Implantation - keine Exsudate
2. zufriedenstellendes Überleben	<ul style="list-style-type: none"> - keine Schmerzen in der Funktion - keine Mobilität - 2-4mm röntgenologischer Knochenverlust - keine Exsudate
3. beeinträchtigt Überleben	<ul style="list-style-type: none"> - möglicherweise Empfindlichkeit in der Funktion - keine Mobilität - >4mm röntgenologischer Knochenverlust (weniger als die Hälfte des Implantatkörpers) - möglicherweise Exsudate vorhanden
4. Versagen	Einer der folgenden Punkte: <ul style="list-style-type: none"> - Schmerzen bei Funktion - Mobilität - radiologischer Knochenabbau über die Hälfte des Implantatkörpers - unkontrolliertes Exsudat - nicht mehr in situ

Aufgrund des retrospektiven Charakters dieser Studie und damit verbundenen unregelmäßigen Dokumentation, sowie der Weiterbehandlung in privaten Praxen, wird sich hier in erster Linie auf den radiologischen Knochenabbau bezogen. Dies ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung des Implantaterfolgs und ein signifikanter Indikator für die Gesundheit eines Implantats. Die Beurteilung erfolgt mittels Röntgenaufnahme. So können der mesiale und distale Knochenverlust nachvollzogen werden. In vielen Studien wird der marginale Knochenverlust nach dem ersten Funktionsjahr beobachtet. In der „Health Scale“ soll auch das erste Jahr

inkludiert werden. Zudem wird hier vorgeschlagen den Knochenverlust in Schritten von 1,0mm erfasst wird, da Messungen von 0,1mm nicht zuverlässig und abhängig vom Anwender sind [84].

Wie bereits in 3.3 aufgeführt, wurde der Röntgenabbau hier unabhängig von der Implantatlänge betrachtet. Somit sind in der dritten Gruppe alle Implantate inkludiert, die mehr als 4mm Knochenabbau aufweisen. Nicht unbeachtet bleiben sollen die Limitationen der radiologischen Auswertung des Knochenabbaus. Die Analyse der Röntgenbilder wurde nur durch einen Zahnarzt durchgeführt und wies somit keine Kontrolle durch eine weitere Person auf. Auch waren nicht zu jedem Implantat zwei aussagekräftige Röntgenbilder vorhanden, sodass bei der Betrachtung des Knochenabbaus nicht alle Implantate inkludiert wurden.

Krestaler Knochenabbau

In der bereits erwähnten systematischen Review von Moraschini et al. betrug der durchschnittliche marginale Knochenverlust 1,3mm (Standardabweichung 0,84mm) [1]. Der hier dokumentierte Knochenverlust liegt darunter mit einem Mittelwert von 0,57mm. Die Standardabweichung ist mit 0,86mm im Verhältnis zum Mittelwert sehr hoch. Dies lässt auf eine große Streuung schließen. Wie bereits zuvor herausgestellt wurde, ist der different lange Nachbeobachtungsdurchschnitt von 13,4 Jahren bei Moraschini et al. [1] zu den hier vorliegenden 2,5 Jahren, ein entscheidender Aspekt.

Die hier verwendeten Erfolgskriterien sind die von Misch et al. [84], welche zu Beginn dieses Abschnitts näher erläutert werden. Es liegen 1272 (92,6%) Implantate im Bereich der optimalen Gesundheit, 90 (6,6%) Implantate weisen ein zufriedenstellendes Überleben auf und 12 (0,9%) haben einen Knochenabbau von über 4mm. Diese Angaben beziehen sich auf das *PK gesamt* und auf den durchschnittlichen Knochenabbau. Für *PK BLT* und *PK BL* verhalten sich die Verteilung sehr ähnlich mit Abweichungen von maximal 0,2%.

5.2 Einflussfaktoren auf das Implantatüberleben und Knochenabbau

5.2.1 Geschlecht

Laut einer Metaanalyse ist das Risiko für einen Implantatverlust bei Männern um 21% erhöht im Gegensatz zu Frauen. Auch der marginale Knochenabbau wird davon beeinflusst. Angesichts der vielen unkontrollierten Störfaktoren ist es allerdings nur eingeschränkt möglich, den tatsächlichen Einfluss des Geschlechts zu ermitteln [86].

In den hier ermittelten Ergebnissen zeigt sich eine andere Datenlage als in der zitierten Metaanalyse. In allen drei Patientenkollektiven wurden mehr Implantate bei weiblichen Patienten verloren als bei männlichen. Zudem befinden sich mehr Implantate in der Klasse der optimalen Gesundheit der „Health Scale“, welche bei Männern inseriert wurden. Ähnliche Ergebnisse wurden auch in anderen Studien beobachtet, auch wenn kein statistisch signifikanter Unterschied ermittelt werden konnte [87].

Ein möglicher Einflussfaktor ist das Alter der Studienteilnehmer. Weibliche Teilnehmer hatten im Mittelwert ein Alter von 55,95 Jahren, während männliche Teilnehmer einen höheren Mittelwert von 58,82 Jahren aufwiesen. Bezogen auf das Patientenalter ergibt sich in einer Studie von Jang et al. aus dem Jahr 2011 ein signifikanter Zusammenhang zwischen diesem und dem Implantatüberleben. Je älter die Patienten waren, desto geringer war die altersabhängige Überlebensrate [87].

5.2.2 Risikofaktoren

Bezogen auf den Einfluss von Risikofaktoren wurde betrachtet, ob eine der folgenden Einflüsse vorliegt: Rauchen/ ehemaliger Raucher, Parodontitis, Diabetes Mellitus, Einnahme von mehr als drei Medikamenten, Bestrahlung im Kopf-/ Halsbereich und die Einnahme von Antiresorptiva. Bei insgesamt 1590 Patienten (75,4%) lag mindestens einer dieser Faktoren vor. Bezogen auf das Implantatüberleben konnten nur geringe Unterschiede ermittelt werden, wenn einer oder mehrere dieser Faktoren vorlagen.

Für *PK gesamt* (93,9%) und *PK BLT* (96,9%) befinden sich mehr Implantate im Bereich der optimalen Gesundheit, welche bei Patienten ohne Risikofaktoren inseriert wurden. Umgekehrt verhält es sich für *PK BL*. Hier liegen 92,5% der Implantate, welche bei Patienten mit Risikofaktoren inseriert wurden im Bereich von weniger als 2 mm Knochenabbau und 91,9% bei Implantaten von Patienten ohne Risikofaktoren. Die Unterschiede befinden sich alle in der Größenordnung von wenigen Prozentpunkten und könnten damit alleine mit der Messunsicherheit begründet werden.

Aufgrund der gemeinsamen Analyse der Risikofaktoren handelt es sich um ein multifaktorielles Geschehen und die einzelnen Einflüsse sind nicht weiter zu differenzieren. Als Fazit kann festgehalten werden, dass sich insgesamt keine großen Differenzen zwischen Patienten mit einer der analysierten Risikofaktoren und Patienten ohne Risikofaktoren ergeben haben.

5.2.3 Implantatdurchmesser

Bei der Betrachtung der Implantatdurchmesser wird sich auf den Vergleich zwischen Implantaten mit einem Durchmesser $\leq 3,3\text{mm}$ und mit einem Durchmesser $\geq 4,1\text{mm}$ konzentriert. Somit werden durchmesserreduzierte Implantate mit Standarddurchmesser verglichen. Auf verschiedene Risiken wird in Absatz 2.2.2 näher eingegangen.

In einer systematischen Review konnte für Implantate mit einem Durchmesser von $3,3\text{mm}$ Überlebensraten zwischen $88,9\%$ und 100% ermittelt werden [48]. In allen drei Patientenkollektiven lagen die Überlebensraten in diesem Bereich (*PK BLT* $90,3\%$; *PK BL* $94,9\%$; *PK gesamt* 93%). Es konnte in der systematischen Review kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Implantaten mit einem Durchmesser von $3,3\text{mm}$ und Standarddurchmessern bezogen auf das Implantatüberleben nachgewiesen werden [48]. Allerdings sollte beachtet werden, dass im *PK BLT* auch Implantate $\leq 3,3\text{mm}$ verwendet wurden. Diese hatten einen Durchmesser von $2,9\text{mm}$. Für diesen Durchschnitt wurde in der systematischen Review eine Überlebensrate von $90,0\%$ bis zu 100% angegeben [48]. Die ermittelte Überlebensrate von *PK BLT* ($90,3\%$) fällt auch in diesen Bereich.

Zudem gibt es Hinweise auf ein vermehrtes Versagen bei größeren Durchmessern [88]. Es wird vermutet, dass die erhöhte Misserfolgsrate mit der Lernkurve der Operateure, der geringen Knochendichte, dem Implantatdesign und der Verwendung, wenn mit einem Implantat mit Standarddurchmesser keine Primärstabilität erreicht werden kann, zusammenhängt [89]. Olate et al. untersuchte in einer retrospektiven Studie die Auswirkung von Durchmesser und Implantatlänge auf frühes Implantatversagen. Hierbei konnte allerdings kein Zusammenhang zwischen Durchmesser und einem frühem Implantatversagen festgestellt werden entgegen anderer Vermutungen [90].

Bei den hier ermittelten Daten bezogen auf den Implantaterfolg ist auffällig, dass für alle drei Patientenkollektive weniger Implantate mit einem Durchmesser von $\leq 3,3\text{mm}$ sich im Bereich der optimalen Gesundheit befinden und dafür verhältnismäßig mehr in den zwei weiteren Bereichen. Somit ist eine negative Auswirkung des schmalen Durchmessers im Erfolg zu beobachten. In einer retrospektiven Studie in der ein Vergleich zwischen Implantaten mit $3,3\text{mm}$ Durchmesser und $4,1\text{mm}$ Durchmesser durchgeführt wurde über den Verlauf von drei Jahren, wurde ebenfalls ein höhere Knochenabbau bei schmalen Implantaten festgestellt [91]. Eine Metaanalyse stellt keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf den Knochenabbau zwischen schmalen Implantatdurchmessern ($3,0\text{-}3,75\text{mm}$) und regulären Durchmessern ($3,75\text{-}5\text{mm}$). Die Nachbeobachtungszeit betrug hierbei 3 Jahre.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass Zahnimplantate mit einem Durchmesser von $3,3\text{mm}$ für alle Indikationen gut dokumentiert sind. Für Implantate mit einem Durchmesser von $2,9\text{mm}$, wie sie zum Teil im *PK BLT* verwendet wurden, fehlen noch Langzeitdaten und Erfolgsraten

[48]. Alle drei Patientenkollektive lassen sich in die Ergebnisbereiche der Literatur einordnen und bestätigen diese damit.

5.2.4 Implantatlänge

Es sind widersprüchliche Belege zur Auswirkung der Implantatlänge und dem Implantatüberleben und -erfolg vorhanden. Der Fokus hier ist der Vergleich von kurzen Implantaten ($\leq 8\text{mm}$) und Standard Implantaten ($\geq 10\text{mm}$). Bei Betrachtung der Implantatlänge kommen oft insbesondere ältere Studien zu dem Schluss, dass die Länge einen signifikanten Einfluss hat. Demnach haben kürzere Implantate eine geringere Überlebenschance [88, 90, 92-94].

In aktuelleren Studien wird häufig das Gegenteil vermutet. In der Metaanalyse von Lemos et al. wird gezeigt, dass posteriore Kieferregionen sowohl mit kurzen Implantaten (= 8mm) als auch mit langen Implantaten ohne Beeinträchtigung behandelt werden können. Allerdings sollten Implantate kleiner als 8mm mit Vorsicht verwendet werden, da sie laut dieser Studie weiterhin ein höheres Risiko für Misserfolge aufweisen [95]. Kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen kurzen ($\leq 9\text{mm}$) und langen Implantaten konnte in einer retrospektiven Studie aus dem Jahr 2012 festgestellt werden. Die Studie wurde über einen Zeitraum von 1-3 Jahren in der Unterkieferprämolaren- und Molarenregion durchgeführt. Bezogen auf den marginalen Knochenverlust nach 3 Monaten konnte ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen beobachtet werden [96].

Im gesamten hier vorliegenden Patientenkollektiv war die Überlebensrate 92% für Implantate $\leq 8\text{mm}$ und 94,5% für Implantate $\geq 10\text{mm}$. Stärker schwanken die Überlebensraten für die getrennten Patientenkollektive für Implantate $\leq 8\text{mm}$ (*PK BLT* 89,4%; *PK BL* 95,9%). Somit lag die Überlebensrate für *PK BL* der kurzen Implantate über der der längeren (94,4%) und umgekehrt für *PK BLT* (94,7%). Zudem waren im Gesamtkollektiv und im *PK BLT* auch mehr Implantate $\leq 8\text{mm}$ im Bereich der optimalen Gesundheit als Implantate $\geq 10\text{mm}$. Im *PK BL* war nur eine sehr geringe Differenz zu erkennen. Das heißt es konnte hier auch kein Zusammenhang zwischen der Implantatlänge und Überlebensrate oder dem Implantaterfolg beobachtet werden.

5.2.5 Frontzahn vs. Seitenzahn

Die Knochenqualität spielt eine wichtige Rolle in der Langzeitprognose eines Implantats. Dichterer Knochen trägt durch den vermehrten Kontakt zwischen Implantat und Knochen zu einer besseren Primärstabilität bei. In einer Studie von Truhlar et al. wurde festgestellt, dass der qualitativ hochwertigere Knochen sich prozentual vermehrt im anterioren Bereich befindet [97]. Diese Ergebnisse befinden sich im Einklang mit einer Studie von Lazzara et al.. Hier konnte

beobachtet werden, dass die meisten Implantate, welche nicht osseointegrierten, im posterioren Kieferabschnitt und damit Seitenzahnbereich lagen [98].

Die hier erhobenen Ergebnisse weichen von diesen Studien ab. In allen drei Patientenkollektiven wurden weniger Implantate im posterioren Bereich verloren. Für PK gesamt waren dies 6,5% Verluste im Frontzahnbereich und 5,7% Verluste im Seitenzahnbereich. Ähnlich stellt sich die Situation für die getrennten Patientenkollektive dar. Im *PK BLT* beliefen sich die Implantatverluste im Frontzahnbereich auf 6,9% und im Seitenzahnbereich auf 6,1%. Noch geringer war die Anzahl der Explantationen im *PK BL*. 5,4% der Implantate gingen im posterioren Bereich verloren und 6,0% im anterioren Bereich. Auch bei Betrachtung des Knochenabbaus überwiegen die Implantate im Seitenzahnbereich in der Kategorie von bis zu 2 mm Knochenabbau. Wohingegen die Implantate im Frontzahnbereich prozentual häufiger einen Knochenabbau zwischen 2 mm und 4 mm aufweisen.

Mögliche Gründe für die abweichenden Ergebnisse sind das häufigere Implantieren im Seitenzahnbereich. Insgesamt wurden 1360 Implantate im posterioren Bereich inseriert und nur 742 Implantate im anterioren Bereich. Zudem wird hier nur zwischen anterior und posterior unterschieden und nicht zusätzlich nach Mandibula und Maxilla. So ist es möglich, dass die hohe Überlebensrate von Implantaten im posterioren Unterkiefer die geringere Überlebensrate der Implantate im posterioren Oberkiefer ausgleicht. Auch die höhere Anzahl an Sofotimplantationen im Frontzahnbereich darf nicht unbeachtet bleiben. Wie im Abschnitt 5.2.7 beschrieben wird, haben alle drei Patientenkollektive eine geringere Überlebensrate bei der Sofotimplantation.

In einigen Studien konnte auch kein Unterschied zwischen anteriorer und posteriorer Insertion nachgewiesen werden [92, 99]. Dies bestätigt ebenfalls, die hier erhobenen Ergebnisse aufgrund der fehlenden Signifikanz der Abweichungen.

5.2.6 Oberkiefer vs. Unterkiefer

In zahlreichen Studien kann ein Unterschied bezüglich der Erfolgs- und Überlebensraten zwischen Ober- und Unterkiefer beobachtet werden. Hierbei weist der Oberkiefer meistens geringere Prognosen auf. Albrektsson et al. berichtete in einer 5 bis 8 Jahre dauernden multicenter Studie von Nobelpharma Implantaten über Erfolgsraten von 84,9% für Implantate im Oberkiefer und von 99,1% für Implantate im Unterkiefer [100]. Ähnliche Ergebnisse wurden in anderen Studien dokumentiert [87, 97]. Als Gründe hierfür sind unter anderem die schlechtere Knochenqualität und die oft kürzeren Implantate angegeben worden [97]. Letzteres trifft auf die hier durchgeführte Studie nicht zu. Es wurden mehr kurze Implantate im Unterkiefer inseriert als im Oberkiefer. Implantate mit den Längen zwischen 8 mm und 12 mm wurden prozentual

häufiger im Unterkiefer verwendet. Umgekehrt verhält es sich für die Durchmesser. Hier wurden im Oberkiefer verhältnismäßig mehr Implantate mit den Durchmessern 2,9 mm und 3,3 mm verwendet.

Die Ergebnisse der Studien konnten bestätigt werden. In der hier durchgeführten Studie wurden ebenfalls geringere Prognosen für den Oberkiefer nachgewiesen. Im Oberkiefer gingen 6,1% der Implantate verloren und im Unterkiefer 5,8% bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv. Dies spiegelt sich auch im Knochenabbau wider. Im Unterkiefer wiesen 97,1% der Implantate einen Knochenabbau von weniger als 2 mm auf während im Oberkiefer dies nur 89,6% der Implantate waren. Bezogen auf die getrennten Patientenkollektive ließen sich beim Implantatüberleben ähnliche Ergebnisse feststellen. Der Implantatverlust im Oberkiefer stellte sich jeweils als leicht erhöht dar. Auch bei Betrachtung des Knochenabbaus waren die Ergebnisse ähnlich zum gesamten Patientenkollektiv.

Die Abweichungen zwischen Oberkiefer und Unterkiefer sind insgesamt nur gering, sodass dies auch durch statistischen Zufall erklärbar ist. Hier gibt es ebenfalls Studien, welche zu dem Schluss kommen, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied bei den Überlebensraten im Ober- und Unterkiefer gibt [92, 99].

5.2.7 Implantationszeitpunkt

Eine Möglichkeit die Dauer der Implantattherapie zu verkürzen, besteht in der Verringerung des Abstands zwischen Extraktion und Implantation. Dies resultiert in Sofortimplantation oder in verzögerter Implantation. Doch sind diese in ihren Ergebnissen mit der Spätimplantation vergleichbar?

In einer Review der dritten International Team of Implantology (ITI) Konsenkonferenz wurde diese Frage analysiert. Hierbei konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Zeitpunkten in Bezug auf das Implantatüberleben und dem krestalen Knochenverlust entdeckt werden. Die meisten Studien wiesen allerdings nur eine kurze Nachbeobachtungszeit auf, mit wenigen Studien mit einer Dauer von bis zu 5 Jahren. Das heißt, dass Sofortimplantate und verzögerte Implantate ähnliche kurzzeitige Überlebensraten aufweisen wie Spätimplantate. In einer Studie bei welcher Sofortimplantate mit einer gestrahlten/ säuregeätzten Oberfläche, wie bei den hier betrachteten Implantatsystemen, untersucht wurden, belief sich die Überlebensrate auf 97% [101].

Abweichend dazu verhält sich die Überlebensrate bei Sofortimplantaten in dieser Studie. Sie ist in jedem Patientenkollektiv geringer als die Spätimplantation (*PK gesamt 88,3%, PK BLT*

87,5%; *PK BL* 89,1%). Eine Ursache hierfür könnte die nicht korrekte Umsetzung der vorgeschlagenen Auswahlkriterien sein [53]. Das Gegenteil lässt sich bei der verzögerten Sofortimplantation beobachten. Die Überlebensrate ist wesentlich höher als die der Spätimplantation oder Sofortimplantation (*PK gesamt* 98,2%; *PK BLT* 100%; *PK BL* 97,2%). Wichtig zu beachten ist die sehr geringe Implantatanzahl, die mit diesem Protokoll versorgt wurde. Der prozentuale Anteil an Implantaten im Bereich der optimalen Gesundheit ist bei allen drei Implantationszeitpunkten für das *PK gesamt* ähnlich (Sofortimplantation 95,7%; Spätimplantation 92,4%; Frühimplantation 94,9%). Der Anteil an verzögerter Sofortimplantation ist bei *PK BLT* (86,7%) und *PK BL* (100%) stärker abweichend. Eine mögliche Ursache ist hierfür wieder die geringe Implantatanzahl.

Ein negativer Aspekt bei der Sofortimplantation sind ästhetische Probleme. Diese traten in einer durchgeführten 5-Jahres Studie in fast 50% der Fälle auf [102]. Dieser Punkt wird hier nicht näher beleuchtet, sollte aber aufgrund seiner Wichtigkeit bedacht werden. In einer weiteren Übersichtsarbeit der Konsenskonferenz des ITI wurde unter anderem festgestellt, dass eine Sofortimplantation mit einer größeren Variabilität der Ergebnisse und einer höheren Häufigkeit von Rezessionen >1mm der mittleren Gesichtsschleimhaut verbunden ist [103].

Die Spätimplantation ist das bis Anfang der 1980er Jahre dominierende Vorgehen und wird bis heute eingesetzt [20]. Die Überlebensrate in den drei Patientenkollektiven ist vergleichbar mit dem der anderen beiden Implantationszeitpunkten aus den Studie der Übersichtsarbeit (*PK gesamt* 94,2%; *PK BLT* 93,7%; *PK BL* 94,6%) [101].

5.2.8 Einheilmodus

Es lassen sich nur geringe Unterschiede bei dem prozentualen Implantatüberleben zwischen dem subgingivalen (*PK gesamt* 95,1%, *PK BLT* 94,3%; *PK BL* 96,1%) und transgingivalen Einheilmodus (*PK gesamt* 92,7%, *PK BLT* 92,7%; *PK BL* 92,8%) feststellen. Dies entspricht dem Ergebnis von Studien, welche eine hohe Vorhersagbarkeit sowohl von subgingival eingehheilten Implantaten als auch transgingival eingehheilten Implantaten nachwiesen [54, 104, 105]. Auch die krestale Knochenveränderung ist laut Studien nicht abhängig vom Einheilmodus [106, 107]. Dies spiegelt sich in den vorliegenden Ergebnissen wider. Insgesamt sind bezüglich des Knochenabbaus keine großen Differenzen zwischen den subgingivalen und transgingivalen Implantaten zu erkennen. Der Prozentsatz der transgingival eingehheilten Implantate im Bereich der optimalen Gesundheit liegt in jedem Patientenkollektiv leicht über den subgingival eingehheilten.

Eine Metaanalyse verglich sofortbelastete transgingival eingeheilte und subgingival gedeckt eingeheilte Implantate. Es wurde ein signifikanter Unterschied bezogen auf das Implantatüberleben festgestellt. Ein Implantatverlust ist 1,78 Mal öfter bei sofortbelasteten Implantaten zu beobachten. Kein statistisch signifikanter Unterschied in Bezug auf den marginalen Knochenverlust konnte dokumentiert werden [108]. Dies könnte ein möglicher Grund für die seltene Durchführung bei nur 16 Implantaten in der vorliegenden retrospektiven Analyse sein. Im *PK BL* sind dies zudem nur zwei Implantate. Trotzdem entsprechen die Ergebnisse in Bezug auf das Implantatüberleben der Metaanalyse. Das Implantatüberleben ist geringer im Vergleich zu den anderen Einheilmodi in allen drei Patientenkollektiven (*PK gesamt* 78,6%; *PK BLT* 77,3%; *PK BL* 83,3%). Allerdings liegen mehr sofortbelastete Implantate (93,8%) im Bereich der optimalen Gesundheit vor als subgingival eingeheilte Implantate (91,4%) für *PK gesamt*. Hier muss deswegen nochmal auf die geringe Implantatanzahl hingewiesen werden und damit verbunden geringe Aussagekraft.

Trotzdem sollte beachtet werden, dass die Sofortbelastung bei vollständig zahnlosem Unterkiefer und Oberkiefer mit einer Deckprothese und bei vollständig zahnlosen Patienten mit einer festsitzenden Prothese ein gut dokumentiertes Behandlungskonzept ist. Bei Einzelzahnimplantaten wurden geringere Überlebensraten von 85,7% bis 100% festgestellt [55]. Da hier die Art der Versorgung nicht dokumentiert und ausgewertet wurde, kann dieser Zusammenhang nicht beurteilt werden. Allerdings könnte die geringere Überlebensrate bei Einzelzahnimplantaten eine mögliche Erklärung für das vorliegende geringe Implantatüberleben bei Sofortbelastung sein.

5.2.9 Augmentation

Es gibt viele Belege dafür, dass Implantate, welche einzeitig oder zweizeitig mit einer Augmentation eingesetzt werden, ähnliche Überlebensraten aufweisen wie Implantate, die in unberührten Knochen, eingesetzt werden [109-111]. In Studien mit einer internen Kontrolle zwischen augmentierten Implantatlagern und Implantatlagern ohne Augmentation, lagen die Überlebensraten zwischen 92,6 und 100% über einen Zeitraum von 1 bis 5 Jahren [112-116]. Die geringste Überlebensrate mit 92,6% wiesen hierbei Implantate mit einer GBR auf, welche mit einem xenogenen Knochenersatzmaterial (Bio-Oss) und einer nicht-resorbierbaren Membran (Gore-Tex) durchgeführt wurde [115]. Diese Annahme entspricht den hier vorliegenden Daten. Das Implantatüberleben schwankt zwischen 92,4% und 95,1% bezogen auf alle drei Patientenkollektive bei durchgeführter Augmentation. Ohne Augmentation sind es zwischen 93,5% und 94,6% und damit vergleichbar.

Auch bei Betrachtung des marginales Knochenabbaus, konnte in zwei Studien zwischen den beiden Gruppen kein signifikanter Unterschied festgestellt werden [113, 116]. Im Gegensatz

dazu wurde in einer anderen Studie ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen einer Augmentation mittels GBR und keiner Augmentation dokumentiert. Der marginale Knochenabbau war bei der Augmentation größer [115]. In dieser hier durchgeführten retrospektiven Studie waren auch bezogen auf den Knochenabbau keine großen Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen zu erkennen. Im Gesamtkollektiv sind 92,9% der Implantate ohne Augmentation im Bereich der optimalen Gesundheit. Ähnlich verhält es sich für die Implantate mit einer einzeitigen (91,7%) und zweizeitigen (92,6%) Augmentation.

6 Zusammenfassung

Die Grundhypothese dieser Dissertation lautet, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Bone-Level und Bone-Level-Tapered Implantatsystem gibt hinsichtlich Implantatüberleben und -erfolg. Weiterhin wurden mögliche Einflussfaktoren wie Risikofaktoren des Patientenkollektivs, Länge und Durchmesser, Zeitpunkt der Implantation, Einheilmodus, Augmentationsmaterialien und Augmentationstechniken hinsichtlich Implantatüberleben bzw -erfolg untersucht.

Das Implantatüberleben weist nur minimale Unterschiede zwischen den beiden Implantatsystemen auf (*PK BLT* 93,6%; *PK BL* 94,4%) und ist zudem vergleichbar mit anderen Studien. Nur 12 (0,9 %) aller Implantate weisen einen kritischen Knochenabbau von über 4mm auf. Alle anderen Implantate, welche hinsichtlich des Implantaterfolgs untersucht wurden, wiesen eine optimale Gesundheit (92,6%) oder eine zufriedenstellende Gesundheit (6,6%) auf.

Es konnten keine großen Differenzen zwischen Patienten mit oder ohne Risikofaktoren festgestellt werden. Des Weiteren zeigte sich kein Zusammenhang bei Betrachtung des Implantatüberlebens in Abhängigkeit vom Durchmesser, als auch der Implantatlänge. Anders stellt sich dies beim Implantaterfolg dar. Implantate mit einem Durchmesser von $\leq 3,3$ mm befanden sich verhältnismäßig seltener im Bereich der optimalen Gesundheit. Bezüglich der Implantatposition wurden weniger Implantate im posterioren Bereich verloren und es konnten geringere Lebenserwartungen für den Oberkiefer nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse bestätigen Studien [87, 97, 100]. Die Sofortimplantation und die provisorische Sofortversorgung zeigen in jedem Patientenkollektiv geringere Überlebensraten als ihre Alternativen. Dies ist in Übereinstimmung mit der aktuellen Literatur.

Abschließend wurde die Auswirkung einer Augmentation untersucht. Die Überlebens- und Erfolgsrate stellen sich hier vergleichbar dar zu Patienten ohne Augmentation. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen aktueller Studien [109-111]. Somit konnte die Hypothese zum Teil bestätigt werden, dass die untersuchten Einflussfaktoren keine Auswirkung auf das Implantatüberleben und den Implantaterfolg haben.

Beachtet werden sollten auch die Limitation dieser Studie. Aufgrund des retrospektiven Charakters war keine homogene und lückenlose Datenerhebung möglich. Dies spiegelt sich zum einen in den unterschiedlichen Nachbeobachtungszeiten wider, als auch zum anderen bei den geringen Implantatzahlen bei z.B. der provisorischen Sofortversorgung. Auch sind viele Störfaktoren aufgrund der verschiedenen Variablen nicht weiter zu differenzieren. Wichtig hervorzuheben sind auch die Stärken dieser retrospektiven Studie. Dies ist zum einen die große Anzahl an untersuchten Implantaten von insgesamt 2108. Für das *PK BLT* sind dies 981 Im-

plantate und im *PK BL 1127* Implantate. Zum anderen konnte durch die große Anzahl an Patienten (75,4%) mit mindestens einem bestehenden Risikofaktor, ein realistisches Abbild der Patienten, die Implantate in der Praxis erhalten, gegeben werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sowohl das Bone-Level-Implantat als auch das Bone-Level-Tapered Implantat vergleichbare Ergebnisse liefern und somit zu empfehlende und einzusetzende Implantatsysteme sind. Um die hier vorgestellten Ergebnisse weiter zu untersuchen und die verschiedenen Einflussfaktoren genauer voneinander zu differenzieren, sind prospektive randomisierte Studien notwendig.

7 Literaturverzeichnis

1. Moraschini, V., et al., *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): p. 377-88.
2. Karoussis, I.K., et al., *Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System*. Clin Oral Implants Res, 2004. **15**(1): p. 8-17.
3. Buser, D., L. Sennerby, and H. De Bruyn, *Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions*. Periodontol 2000, 2017. **73**(1): p. 7-21.
4. Ritzert, D.B.B., *Zahnimplantate werden zunehmend erste Wahl: 1.3 Millionen werden in Deutschland pro Jahre eingepflanzt*. 2018, DGI-Pressestelle: 82343 Pöcking.
5. Stock, C., et al., *A comparison of tooth retention and replacement across 15 countries in the over-50s*. Community dentistry and oral epidemiology, 2016. **44**(3): p. 223-231.
6. Schimmel, M., et al., *Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis*. Clinical oral implants research, 2018. **29**: p. 311-330.
7. Pjetursson, B.E. and K. Heimisdottir, *Dental implants - are they better than natural teeth?* Eur J Oral Sci, 2018. **126 Suppl 1**: p. 81-87.
8. Friberg, B., T. Jemt, and U. Lekholm, *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**(2): p. 142-6.
9. Steigenga, J.T., et al., *Dental implant design and its relationship to long-term implant success*. Implant dentistry, 2003. **12**(4): p. 306-317.
10. Romanos, G.E., et al., *In vitro assessment of primary stability of Straumann® implant designs*. Clinical implant dentistry and related research, 2014. **16**(1): p. 89-95.
11. Sakoh, J., et al., *Primary stability of a conical implant and a hybrid, cylindrical screw-type implant in vitro*. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2006. **21**(4).
12. Weber, T., *Memorix Zahnmedizin*. Vol. 5. unveränderte Auflage. 2017, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
13. Adell, R., et al., *A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw*. International journal of oral surgery, 1981. **10**(6): p. 387-416.
14. Albrektsson, T., et al., *The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success*. Int j oral maxillofac implants, 1986. **1**(1): p. 11-25.
15. Schwenzer N. and E. M., *Zahnärztliche Chirurgie*. Vol. 5. unveränderte Auflage. 2019, Stuttgart: Thieme.
16. Cohen, A.S., T. C. Shen, and M. Anthony Pogrel, *"Transplanting teeth successfully: autografts and allografts that work."*. The Journal of the American Dental Association 1995. **126**(4): p. 481-485.
17. Armstrong, L., C. O'Reilly, and B. Ahmed, *Autotransplantation of third molars: a literature review and preliminary protocols*. Br Dent J, 2020. **228**(4): p. 247-251.
18. Block, M.S., *Dental Implants: The Last 100 Years*. J Oral Maxillofac Surg, 2018. **76**(1): p. 11-26.
19. Brånemark, P.I., et al., *Intra-osseous anchorage of dental prostheses. I. Experimental studies*. Scand J Plast Reconstr Surg, 1969. **3**(2): p. 81-100.
20. Brånemark, P.I., 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**: p. 1-132.
21. Schroeder, A., O. Pohler, and F. Sutter, *[Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer]*. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd, 1976. **86**(7): p. 713-27.

22. Lazarin, R., et al., *The Impact of the ITI International Team for Implantology on Implant Dentistry: A Retrospective and Descriptive Analysis of 30 Years of Research Support*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2020. **35**(1): p. e1-e13.
23. Brügger, O.E., et al., *Implant therapy in a surgical specialty clinic: an analysis of patients, indications, surgical procedures, risk factors, and early failures*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2015. **30**(1): p. 151-60.
24. Buser, D., et al., *Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs*. J Biomed Mater Res, 1991. **25**(7): p. 889-902.
25. De Bruyn, H., et al., *The current use of patient-centered/reported outcomes in implant dentistry: a systematic review*. Clinical Oral Implants Research, 2015. **26**: p. 45-56.
26. Belser, U.C., et al., *Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2-to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores*. Journal of periodontology, 2009. **80**(1): p. 140-151.
27. Dinkelacker, W., J. Hermann, and H. Zipprich, *Implantatprothetik*. Vol. 1. Auflage. 2014, Stuttgart: Thieme.
28. AG, I.S., *Straumann dental_implant_system Basisinformationen*. 2019.
29. Santing, H.J., et al., *Performance of the Straumann Bone Level Implant system for anterior single-tooth replacements in augmented and nonaugmented sites: A prospective cohort study with 60 consecutive patients*. Clinical oral implants research, 2013. **24**(8): p. 941-948.
30. Oates, T.W., et al., *Enhanced implant stability with a chemically modified SLA surface: a randomized pilot study*. International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, 2007. **22**(5): p. 755.
31. Wallkamm, B., et al., *Three-year outcomes of Straumann Bone Level SLActive dental implants in daily dental practice: a prospective non-interventional study*. Quintessence international, 2015. **46**(7).
32. Chiapasco, M., et al., *Evaluation of peri-implant bone resorption around S traumann Bone Level® implants placed in areas reconstructed with autogenous vertical onlay bone grafts*. Clinical Oral Implants Research, 2012. **23**(9): p. 1012-1021.
33. Meijndert, C.M., et al., *Bone Level Tapered Implants in the Maxillary Esthetic Zone: A 1-Year Prospective Case Series in Healed Sites*. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2022. **37**(1).
34. Pariente, L., et al., *Evaluation of the treatment of partially edentulous patients with bone level tapered implants: 24-month clinical and radiographic follow-up*. Journal of Oral Implantology, 2020. **46**(4): p. 407-413.
35. Mohajerani, H., et al., *The risk factors in early failure of dental implants: a retrospective study*. Journal of dentistry, 2017. **18**(4): p. 298.
36. Srinivasan, M., et al., *Dental implants in the elderly population: A systematic review and meta-analysis*. Clinical oral implants research, 2017. **28**(8): p. 920-930.
37. Becker, W., et al., *Dental implants in an aged population: evaluation of periodontal health, bone loss, implant survival, and quality of life*. Clinical implant dentistry and related research, 2016. **18**(3): p. 473-479.
38. Peled, M., et al., *Dental implants in patients with type 2 diabetes mellitus: a clinical study*. Implant dentistry, 2003. **12**(2): p. 116-122.
39. Naujokat, H., B. Kunzendorf, and J. Wiltfang, *Dental implants and diabetes mellitus—a systematic review*. International journal of implant dentistry, 2016. **2**(1): p. 1-10.
40. Lazarovici, T.S., et al., *Bisphosphonate-related osteonecrosis of the jaw associated with dental implants*. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 2010. **68**(4): p. 790-796.
41. Walter, C., et al., *Dental implants in patients treated with antiresorptive medication—a systematic literature review*. International journal of implant dentistry, 2016. **2**(1): p. 1-15.

42. Schiegnitz, E., et al., *Oral rehabilitation with dental implants in irradiated patients: a meta-analysis on implant survival*. Clinical oral investigations, 2014. **18**(3): p. 687-698.
43. Chrcanovic, B.R., T. Albrektsson, and A. Wennerberg, *Smoking and dental implants: a systematic review and meta-analysis*. Journal of dentistry, 2015. **43**(5): p. 487-498.
44. Schwartz-Arad, D., et al., *Smoking and complications of endosseous dental implants*. Journal of periodontology, 2002. **73**(2): p. 153-157.
45. Bain, C.A. and P.K. Moy, *The association between the failure of dental implants and cigarette smoking*. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 1993. **8**(6).
46. Ong, C.T., et al., *Systematic review of implant outcomes in treated periodontitis subjects*. Journal of clinical periodontology, 2008. **35**(5): p. 438-462.
47. Karoussis, I.K., et al., *Long-term implant prognosis in patients with and without a history of chronic periodontitis: a 10-year prospective cohort study of the ITI® Dental Implant System*. Clinical oral implants research, 2003. **14**(3): p. 329-339.
48. Klein, M.O., E. Schiegnitz, and B. Al-Nawas, *Systematic review on success of narrow-diameter dental implants*. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2014. **29**.
49. Guljé, F., et al., *Implants of 6 mm vs. 11 mm lengths in the posterior maxilla and mandible: a 1-year multicenter randomized controlled trial*. Clinical Oral Implants Research, 2013. **24**(12): p. 1325-1331.
50. Esposito, M., et al., *Rehabilitation of posterior atrophic edentulous jaws: prostheses supported by 5 mm short implants or by longer implants in augmented bone? One-year results from a pilot randomised clinical trial*. Eur J Oral Implantol, 2011. **4**(1): p. 21-30.
51. Hämmerle, C., S.T. Chen, and T.G. Wilson Jr, *Consensus statements and recommended clinical procedures regarding the placement of implants in extraction sockets*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2004. **19**(Suppl): p. 26-28.
52. Mello, C., et al., *Immediate implant placement into fresh extraction sockets versus delayed implants into healed sockets: A systematic review and meta-analysis*. International journal of oral and maxillofacial surgery, 2017. **46**(9): p. 1162-1177.
53. Buser, D., et al., *Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late?* Periodontology 2000, 2017. **73**(1): p. 84-102.
54. Garber, D.A., H. Salama, and M.A. Salama, *Two-Stage Versus One-Stage—Is There Really a Controversy?* Journal of Periodontology, 2001. **72**(3): p. 417-421.
55. De Bruyn, H., et al., *Immediate loading in partially and completely edentulous jaws: a review of the literature with clinical guidelines*. Periodontology 2000, 2014. **66**(1): p. 153-187.
56. Al-Nawas, B. and E. Schiegnitz, *Augmentation procedures using bone substitute materials or autogenous bone - a systematic review and meta-analysis*. Eur J Oral Implantol, 2014. **7 Suppl 2**: p. S219-34.
57. LeGeros, R.Z., *Properties of osteoconductive biomaterials: calcium phosphates*. Clin Orthop Relat Res, 2002(395): p. 81-98.
58. Cordaro, L., D.S. Amadé, and M. Cordaro, *Clinical results of alveolar ridge augmentation with mandibular block bone grafts in partially edentulous patients prior to implant placement*. Clin Oral Implants Res, 2002. **13**(1): p. 103-11.
59. Amid, R., et al., *Structural and chemical features of xenograft bone substitutes: A systematic review of in vitro studies*. Biotechnol Appl Biochem, 2021. **68**(6): p. 1432-1452.
60. Kämmerer, P.W., et al., *Modification of xenogenic bone substitute materials—effects on the early healing cascade in vitro*. Clinical oral implants research, 2014. **25**(7): p. 852-858.
61. Bauer, T.W. and G.F. Muschler, *Bone graft materials. An overview of the basic science*. Clin Orthop Relat Res, 2000(371): p. 10-27.
62. Moore, W.R., S.E. Graves, and G.I. Bain, *Synthetic bone graft substitutes*. ANZ J Surg, 2001. **71**(6): p. 354-61.

63. Wang, W. and K.W.K. Yeung, *Bone grafts and biomaterials substitutes for bone defect repair: A review*. *Bioact Mater*, 2017. **2**(4): p. 224-247.
64. Benic, G.I. and C.H. Hämmerle, *Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration*. *Periodontol 2000*, 2014. **66**(1): p. 13-40.
65. Karring, T., et al., *Development of the biological concept of guided tissue regeneration--animal and human studies*. *Periodontol 2000*, 1993. **1**: p. 26-35.
66. Karring, T., S. Nyman, and J. Lindhe, *Healing following implantation of periodontitis affected roots into bone tissue*. *J Clin Periodontol*, 1980. **7**(2): p. 96-105.
67. Karring, T., et al., *New attachment formation on teeth with a reduced but healthy periodontal ligament*. *J Clin Periodontol*, 1985. **12**(1): p. 51-60.
68. Hämmerle, C.H., et al., *Temporal dynamics of healing in rabbit cranial defects using guided bone regeneration*. *J Oral Maxillofac Surg*, 1995. **53**(2): p. 167-74.
69. Hämmerle, C.H. and R.E. Jung, *Bone augmentation by means of barrier membranes*. *Periodontol 2000*, 2003. **33**: p. 36-53.
70. Retzeppi, M. and N. Donos, *Guided Bone Regeneration: biological principle and therapeutic applications*. *Clin Oral Implants Res*, 2010. **21**(6): p. 567-76.
71. Gongloff, R.K., et al., *Titanium mesh and particulate cancellous bone and marrow grafts to augment the maxillary alveolar ridge*. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 1986. **15**(3): p. 263-8.
72. von Arx, T., N. Hardt, and B. Wallkamm, *The TIME technique: a new method for localized alveolar ridge augmentation prior to placement of dental implants*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1996. **11**(3): p. 387-94.
73. Cucchi, A., et al., *Vertical and horizontal ridge augmentation using customized CAD/CAM titanium mesh with versus without resorbable membranes. A randomized clinical trial*. *Clin Oral Implants Res*, 2021. **32**(12): p. 1411-1424.
74. Sagheb, K., et al., *Clinical outcome of alveolar ridge augmentation with individualized CAD-CAM-produced titanium mesh*. *Int J Implant Dent*, 2017. **3**(1): p. 36.
75. Lizio, G., G. Corinaldesi, and C. Marchetti, *Alveolar ridge reconstruction with titanium mesh: a three-dimensional evaluation of factors affecting bone augmentation*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2014. **29**(6): p. 1354-63.
76. Ciocca, L., et al., *Prosthetically CAD-CAM-Guided Bone Augmentation of Atrophic Jaws Using Customized Titanium Mesh: Preliminary Results of an Open Prospective Study*. *J Oral Implantol*, 2018. **44**(2): p. 131-137.
77. Pjetursson, B.E., et al., *A systematic review of the success of sinus floor elevation and survival of implants inserted in combination with sinus floor elevation: part I: lateral approach*. *Journal of clinical periodontology*, 2008. **35**: p. 216-240.
78. Boyne, P.J., *Grafting of the maxillary sinus floor with autogenous marrow and bone*. *Oral Surg.*, 1980. **38**: p. 613-616.
79. Summers, R.B., *A new concept in maxillary implant surgery: the osteotome technique*. *Compendium (Newtown, Pa.)*, 1994. **15**(2): p. 152, 154-6, 158 passim; quiz 162.
80. Lundgren, S., et al., *Sinus floor elevation procedures to enable implant placement and integration: techniques, biological aspects and clinical outcomes*. *Periodontology 2000*, 2017. **73**(1): p. 103-120.
81. Barone, A. and U. Covani, *Maxillary alveolar ridge reconstruction with nonvascularized autogenous block bone: clinical results*. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2007. **65**(10): p. 2039-2046.
82. Chiapasco, M., et al., *Clinical outcome of dental implants placed in fibula-free flaps used for the reconstruction of maxillo-mandibular defects following ablation for tumors or osteoradionecrosis*. *Clinical oral implants research*, 2006. **17**(2): p. 220-228.
83. Mehta, R.P. and D.G. Deschler, *Mandibular reconstruction in 2004: an analysis of different techniques*. *Current opinion in otolaryngology & head and neck surgery*, 2004. **12**(4): p. 288-293.
84. Misch, C.E., et al., *Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) pisa consensus conference*. *Implant dentistry*, 2008. **17**(1): p. 5-15.

85. Filippi, A., et al., *A prospective noninterventional study to document implant success and survival of the Straumann Bone Level SLActive dental implant in daily dental practice*. Quintessence Int, 2013. **44**(7): p. 499-512.
86. Chrcanovic, B., T. Albrektsson, and A. Wennerberg, *Dental implants inserted in male versus female patients: a systematic review and meta-analysis*. Journal of oral rehabilitation, 2015. **42**(9): p. 709-722.
87. Jang, H.-W., et al., *A retrospective study on related factors affecting the survival rate of dental implants*. The journal of advanced prosthodontics, 2011. **3**(4): p. 204-215.
88. Renouard, F. and D. Nisand, *Impact of implant length and diameter on survival rates*. Clinical oral implants research, 2006. **17**(S2): p. 35-51.
89. Ivanoff, C.-J., et al., *Influence of variations in implant diameters: a 3-to 5-year retrospective clinical report*. International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, 1999. **14**(2): p. 173-180.
90. Olate, S., et al., *Influence of diameter and length of implant on early dental implant failure*. Journal of Oral and Maxillofacial surgery, 2010. **68**(2): p. 414-419.
91. Zweers, J., et al., *Clinical and radiographic evaluation of narrow-vs. regular-diameter dental implants: a 3-year follow-up. A retrospective study*. Clinical Oral Implants Research, 2015. **26**(2): p. 149-156.
92. Naert, I., et al., *Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism: Part 1: A longitudinal clinical evaluation*. Clinical oral implants research, 2002. **13**(4): p. 381-389.
93. Herrmann, I., et al., *Evaluation of patient and implant characteristics as potential prognostic factors for oral implant failures*. The International journal of oral & maxillofacial implants, 2005. **20**(2): p. 220-230.
94. Lekholm, U., et al., *Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaws: a 10-year prospective multicenter study*. International Journal of Oral and Maxillofacial Implants, 1999. **14**(5): p. 639-645.
95. Lemos, C.A.A., et al., *Short dental implants versus standard dental implants placed in the posterior jaws: A systematic review and meta-analysis*. Journal of dentistry, 2016. **47**: p. 8-17.
96. Draenert, F.G., et al., *Retrospective analysis of survival rates and marginal bone loss on short implants in the mandible*. Clin Oral Implants Res, 2012. **23**(9): p. 1063-9.
97. Truhlar, R.S., et al., *Distribution of bone quality in patients receiving endosseous dental implants*. Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 1997. **55**(12): p. 38-45.
98. Lazzara, R., et al., *Retrospective multicenter analysis of 3i endosseous dental implants placed over a five-year period*. Clinical Oral Implants Research, 1996. **7**(1): p. 73-83.
99. Romeo, E., et al., *Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: a 7-year prospective study with the ITI dental implant system*. International Journal of Oral & Maxillofacial Implants, 2004. **19**(2).
100. Albrektsson, T., et al., *Osseointegrated oral implants: a Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted Nobelpharma implants*. Journal of periodontology, 1988. **59**(5): p. 287-296.
101. Chen, S.T., T.G. Wilson Jr, and C. Hammerle, *Immediate or early placement of implants following tooth extraction: review of biologic basis, clinical procedures, and outcomes*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2004. **19**(Suppl): p. 12-25.
102. Cosyn, J., et al., *A 5-year prospective study on single immediate implants in the aesthetic zone*. Journal of clinical periodontology, 2016. **43**(8): p. 702-709.
103. Chen, S.T. and D. Buser, *Esthetic outcomes following immediate and early implant placement in the anterior maxilla—a systematic review*. Int J Oral Maxillofac Implants, 2014. **29**(Suppl): p. 186-215.
104. Buser, D., U.C. Belser, and N.P. Lang, *The original one-stage dental implant system and its clinical application*. Periodontology 2000, 1998. **17**(1): p. 106-118.
105. Buser, D., H.P. Weber, and N.P. Lang, *Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants*. Clinical oral implants research, 1990. **1**(1): p. 33-40.

106. Weber, H., et al., *Radiographic evaluation of crestal bone levels adjacent to nonsubmerged titanium implants*. *Clinical Oral Implants Research*, 1992. **3**(4): p. 181-188.
107. Hermann, J.S., et al., *Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible*. *Journal of periodontology*, 2000. **71**(9): p. 1412-1424.
108. Chrcanovic, B., T. Albrektsson, and A. Wennerberg, *Immediately loaded non-submerged versus delayed loaded submerged dental implants: a meta-analysis*. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 2015. **44**(4): p. 493-506.
109. Donos, N., N. Mardas, and V. Chadha, *Clinical outcomes of implants following lateral bone augmentation: systematic assessment of available options (barrier membranes, bone grafts, split osteotomy)*. *Journal of clinical periodontology*, 2008. **35**: p. 173-202.
110. Hämmerle, C.H., R.E. Jung, and A. Feloutzis, *A systematic review of the survival of implants in bone sites augmented with barrier membranes (guided bone regeneration) in partially edentulous patients*. *Journal of clinical periodontology*, 2002. **29**: p. 226-231.
111. Jensen, S.S. and H. Terheyden, *Bone augmentation procedures in localized defects in the alveolar ridge: clinical results with different bone grafts and bone-substitute materials*. *Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE): Quality-Assessed Reviews [Internet]*, 2009.
112. Benić, G.I., et al., *Clinical and radiographic comparison of implants in regenerated or native bone: 5-year results*. *Clinical Oral Implants Research*, 2009. **20**(5): p. 507-513.
113. Mayfield, L., et al., *Clinical and radiographic evaluation, following delivery of fixed reconstructions, at GBR treated titanium fixtures*. *Clinical Oral Implants Research*, 1998. **9**(5): p. 292-302.
114. Oezkan, Y., et al., *Resonance frequency analysis assessment of implant stability in labial onlay grafted posterior mandibles: a pilot clinical study*. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 2007. **22**(2).
115. Zitzmann, N.U., P. Schärer, and C.P. Marinello, *Long-term results of implants treated with guided bone regeneration: a 5-year prospective study*. *International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 2001. **16**(3).
116. Zumstein, T., C. Billström, and L. Sennerby, *A 4-to 5-year retrospective clinical and radiographic study of Neoss implants placed with or without GBR procedures*. *Clinical implant dentistry and related research*, 2012. **14**(4): p. 480-490.

8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen Menschen bedanken, die mich bei dem Weg zu meiner Dissertationsarbeit unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt für die Überlassung des spannenden Themas. Als Betreuer stand er mir immer mit vielen wertvollen Anregungen und Denkanstößen zu Seite.

Zudem möchte ich meinen Eltern, denen diese Arbeit gewidmet ist, meinen Dank ausdrücken für die stetige mentale und finanzielle Unterstützung.

Für die Durchsicht und Korrektur dieser Arbeit möchte ich besonders und danken.

Zuletzt möchte ich mich bei meinen Freunden, insbesondere und bedanken, die mir stets Motivation und Kraft spendeten, um die Arbeit in dieser Form fertig zu stellen.

9 Tabellarischer Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Hannah Louisa Nienhaus
Geburtsdatum	17.04.1997
Geburtsort	Mainz
Staatsangehörigkeit	deutsch
Familienstand	verheiratet

Ausbildung

Oktober 2016 - November 2021	Studium der Zahnmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz Abschluss: Staatsexamen
Juli 2007 – März 2016	Gymnasium am Römerkastell Alzey Abschluss: Abitur
April 2007 – Juli 2007	St. Marien Grundschule Alzey
2003 – April 2007	Grundschule Mainz-Marienborn

Berufliche Erfahrungen

seit Juni 2022	Assistenz Zahnärztin in der Praxisklinik der Zahnheilkunde am Luisenhospital Aachen
März 2021	Aushilfstätigkeit in Zahnarztpraxis Kinderzahnburg in Groß-Gerau
Oktober 2020 - April 2021	Notdiensthelfer in der Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie an der Johannes Gutenberg-Universität

Weitere Qualifikationen

Sprachkenntnisse	gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift Grundkenntnisse Französisch Grundkenntnisse Spanisch / Certificado: Abschlussnote 2, Level A2
------------------	---