

Aus der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie –  
Plastische Operationen – der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-  
Universität Mainz

**Durchmesserreduzierte Implantate versus  
Standarddurchmesser-Implantate mit  
Knochenaugmentation**

**Eine klinische Studie**

**D i s s e r t a t i o n**  
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
vorgelegt von

Philipp Hellwich  
aus Mainz

Mainz, 2020

Wissenschaftlicher Vorstand:

Erstgutachter:

Zweitgutachter:

Tag der Promotion: 06.07.2021

In Liebe und Dankbarkeit an meine Familie.

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Literaturdiskussion .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1 Definition Implantat .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2 Einteilung der Implantate .....</b>	<b>4</b>
2.2.1 Einheilform .....	4
2.2.2 Implantatform (Makrostruktur).....	5
2.2.3 Implantatmaterial (Mikrostruktur) .....	6
2.2.4 Implantationszeitpunkt .....	7
<b>2.3 Straumann® Implantatsystem .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Kieferknochen .....</b>	<b>12</b>
2.4.1 Histologie .....	14
2.4.2 Osseointegration .....	17
<b>2.5 Augmentationsverfahren .....</b>	<b>18</b>
2.5.1 Guided Bone Regeneration .....	21
2.5.2 Auflagerungsplastik .....	22
2.5.3 Kieferkammspaltung (Bone Splitting) .....	22
<b>2.6 Augmentationsmaterialien .....</b>	<b>23</b>
<b>2.7 Erfolgskriterien .....</b>	<b>24</b>
<b>3 Material und Methoden .....</b>	<b>27</b>
<b>3.1 Studiendesign .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2 Patientenkollektiv .....</b>	<b>29</b>
3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien .....	29
3.2.2 Geschlechterverteilung .....	29
3.2.3 Altersverteilung .....	30
3.2.4 Kiefer.....	30

---

3.2.5	Region.....	31
3.2.6	Implantatlänge.....	32
3.2.7	Implantatform .....	33
3.2.8	Augmentationsverfahren .....	34
<b>3.3</b>	<b>Datenerhebung.....</b>	<b>35</b>
3.3.1	Lockerungsgrad .....	35
3.3.2	Sulkus-Blutungs-Index .....	36
3.3.3	Taschentiefe .....	36
3.3.4	Modifizierter Plaque-Index .....	37
3.3.5	Systemische Erkrankungen.....	37
3.3.6	Röntgenologischer Knochenabbau .....	38
3.3.7	Erfolgskriterien .....	39
<b>3.4</b>	<b>Fragebögen .....</b>	<b>41</b>
3.4.1	OHIP-G14.....	42
3.4.2	Selbsterstellter Fragebogen .....	43
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1</b>	<b>Implantatüberleben .....</b>	<b>44</b>
<b>4.2</b>	<b>Einfluss verschiedener Parameter auf das Überleben.....</b>	<b>47</b>
4.2.1	Geschlecht .....	47
4.2.2	Region.....	48
4.2.3	Implantatform .....	49
<b>4.3</b>	<b>Ergebnisse der klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchung.....</b>	<b>50</b>
4.3.1	Lockerungsgrad .....	50
4.3.2	Sulkus-Blutungs-Index .....	50
4.3.3	Taschentiefe .....	51
4.3.4	Modifizierter Plaque-Index .....	52
4.3.5	Systemische Erkrankungen.....	53
4.3.6	Röntgenologischer Knochenverlust.....	54
<b>4.4</b>	<b>Implantaterfolg.....</b>	<b>55</b>
<b>4.5</b>	<b>Ergebnisse der Fragebögen.....</b>	<b>57</b>
4.5.1	OHIP-G14.....	57

---

4.5.2	Selbsterstellter Fragebogen .....	58
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>60</b>
5.1	Implantatüberleben .....	61
5.2	Einfluss verschiedener Parameter auf das Überleben.....	63
5.2.1	Geschlecht .....	63
5.2.2	Region.....	64
5.2.3	Implantatform .....	65
5.3	Klinische und röntgenologische Parameter .....	66
5.3.1	Lockerungsgrad .....	66
5.3.2	Sulkus-Blutungs-Index .....	66
5.3.3	Taschentiefe .....	67
5.3.4	Modifizierter Plaque-Index .....	68
5.3.5	Systemische Erkrankungen.....	68
5.3.6	Röntgenologischer Knochenverlust.....	69
5.4	Implantaterfolg.....	71
5.5	Fragebögen .....	73
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>75</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
<b>8</b>	<b>Fragebögen.....</b>	<b>XVIII</b>
8.1	Selbsterstellter Fragebogen.....	XVIII
8.2	OHIP-G 14 Fragebogen .....	XIX
<b>9</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>XX</b>
<b>10</b>	<b>Tabellarischer Lebenslauf .....</b>	<b>XXI</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AMx	anteriore Maxilla
AMd	anteriore Mandibula
BL	Bone Level
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CT	Computertomographie
CBCT	cone beam computer tomography
et. al.	et alii (Latein: und andere)
etc.	et cetera
GBR	Guided Bone Regeneration
ggf.	gegebenfalls
HA	hydroxy apatite coated
HU	Hounsfield Unit
i. d. R	in der Regel
IDS	Internationale Dental-Schau
ITI	Internationales Team für Implantologie
KV	Knochenverlust
mm	Millimeter
n	Anzahl
NDI	narrow diameter implant
NIH	National Institute of Health
OHIP	Oral Health Impact Profile
OHIP-G	Oral Health Impact Profile – German version
OK	Oberkiefer
PMd	posteriore Mandibula
PMx	posteriore Maxilla
®	Registered in U.S. Patent and Trademark Office
SLA	sandblasted, large grit and acid-etched
SLActive	sandblasted, large grit, acid-etched, chemical active and hydrophilicity

---

TL	Tissue Level
TPS	titanium plasma spraying
UK	Unterkiefer
v. Chr.	vor Christus
z. B.	zum Beispiel



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Implantatsystem mit seinen Bestandteilen (8) .....	2
<i>(Mit freundlicher Genehmigung der Firma Straumann®)</i>	
Abbildung 2: Einzeitige, transgingivale Einheilung (links) und zweizeitige, subgingivale Einheilung (rechts) von Straumann® Implantaten (14) .....	5
<i>(Mit freundlicher Genehmigung der Firma Straumann®)</i>	
Abbildung 3: Verschiedene Implantattypen der Firma Straumann® (14) .....	10
<i>(Mit freundlicher Genehmigung der Firma Straumann®)</i>	
Abbildung 4: Knochenentwicklung, Scheitelbein; H.E. Färbung (53) .....	15
Abbildung 5: Histologischer Knochenschliff (54) .....	16
Abbildung 6: Klassifikation der Knochenresorption des unbezahnten Kiefers nach Cawood and Howell (62) .....	18
Abbildung 7: Klassifikation der Knochendefekte nach Benic und Hämmerle mit bildlicher Veranschaulichung und Beispielen des Augmentationsvorgehens (63) .....	20
Abbildung 8: Patienten- und Implantatkollektiv .....	28
Abbildung 9: Geschlechterverteilung .....	29
Abbildung 10: Verteilung der inserierten Implantate im Kiefer .....	30
Abbildung 11: Verteilung der inserierten Implantate in definierten Regionen ...	31
Abbildung 12: Implantatlänge .....	32
Abbildung 13: Implantatform .....	33
Abbildung 14: Augmentationsverfahren .....	34
Abbildung 15: OHIP-G14 Fragebogen und selbsterstellter Fragebogen .....	41
Abbildung 16: Überlebensrate durchmesserreduzierter Implantate .....	44
Abbildung 17: Überlebensrate Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation .....	45

---

Abbildung 18: Vergleich der Überlebensraten von durchmesserreduzierten und Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation .....	46
Abbildung 19: Überlebensraten im Bezug zum Geschlecht .....	47
Abbildung 20: Überlebensraten im Bezug zur Region .....	48
Abbildung 21: Überlebensraten im Bezug zur Implantatform .....	49
Abbildung 22: Sulkus-Blutungs-Index in Prozent .....	50
Abbildung 23: Durchschnittliche Taschentiefen in mm .....	51
Abbildung 24: Modifizierter Plaque-Index in Prozent .....	52
Abbildung 25: Systemische Erkrankungen in Prozent.....	53
Abbildung 26: Durchschnittlicher Knochenverlust .....	54
Abbildung 27: Erfolgsraten in Prozent.....	56
Abbildung 28: Ergebnisse des OHIP-G14 in Mittelwerten .....	57
Abbildung 29: Ergebnisse des selbsterstellten Fragebogens in Mittelwerten ..	59

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Implantationszeitpunkte nach Buser und Chen auf der ITI Konsensuskonferenz 2003 (30, 31).....	8
Tabelle 2: Klassifikation nach Lekholm & Zarb und nach Misch (44-46) .....	12
Tabelle 3: Knocheneinteilung nach Lekholm und Zarb 1985 und die dazugehörige Dichte angegeben in HU (44, 48).....	13
Tabelle 4: Einteilung der anterioren und posterioren Maxilla und Mandibula nach Knochentypen nach Misch 1985 durch Hao unter Zuhilfenahme der HU-Skala (48).....	14
Tabelle 5: Klassifikation des unbezahnten Kiefers nach Cawood und Howell (62) .....	18
Tabelle 6: Klassifikation der Knochendefekte nach Benic und Hämmerle mit bildlicher Veranschaulichung und Beispielen des Augmentationsvorgehens (63) .....	19
Tabelle 7: Knochenersatzmaterialien gegliedert nach Herkunft mit Beispielen (63).....	23

## 1 Einleitung

Schon im 5. - 6. Jahrtausend v. Chr. haben mittelamerikanische Ureinwohner implantologische Techniken verwendet (1). Diese Verfahren haben jedoch wenig mit den heutigen Implantaten zu tun. Erst Per-Ingvar Brånemark, der Vater der heutigen Implantologie, erforschte die wahren Grundlagen und prägte die Begriffe „Osseointegration“ und „funktionslose Einheilung“ (1). Des Weiteren stellte Brånemark die hohe Akzeptanz des Knochens bei Verwendung von Titan fest (2). Seit dieser Zeit gelten Implantate als sehr erfolgsversprechend. In einer systematischen Übersichtsarbeit von Moraschini et. al. im Jahr 2015 wurden viele verschiedene Publikationen mit Folgeuntersuchungen über einen Zeitraum von mindestens 10 Jahren ausgewertet. Sie stellten fest, dass überwiegend Erfolgs- und Überlebensraten von mehr als 90% erreicht wurden (3). Aus diesem Grund sind Implantate zu einem wichtigen Bestandteil der Zahnmedizin geworden. Die Indikationen reichen von Einzelzahnersatz bis zum zahnlosen Kiefer (4).

Auch auf Seiten der Patienten ist der Wunsch nach Ästhetik und festem Zahnersatz gestiegen. Dennoch gibt es verschiedene Komplikationen, welche die Implantation erschweren. Eine davon ist der Knochenabbau bei fehlenden Zähnen (5). Die teils starken Resorptionen des Kieferknochens bieten wenig Platz für Standarddurchmesser-Implantate. Daher mussten Alternativen erforscht werden. Für horizontale Knochenresorptionen existieren zwei häufig verwendete Therapieansätze: die horizontale Knochenaugmentation mit anschließender Insertion von Standarddurchmesser-Implantaten oder die alleinige Insertion von durchmesserreduzierten Implantaten (sogenannte NDIs). Jedoch existieren derzeit wenige Studien, welche diese Therapieformen miteinander vergleichen.

Daher wurden im Rahmen dieser Dissertation Patienten auf das Überleben und Erfolg von Implantaten untersucht, welche zwischen 2003 und 2018 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, entweder Standarddurchmesser-Implantate mit horizontaler Knochenaugmentation oder durchmesserreduzierte Implantate der Firma Straumann® inseriert bekommen haben.

## 2 Literaturdiskussion

### 2.1 Definition Implantat

Thomas Weber definierte das dentale Implantat als „Verankerung alloplastischer Materialien im Bereich des Kiefers mit dem Ziel der funktionellen Integration zur Befestigung von Zahnersatz“ (2). Steigenga et. al. beschrieben die Hauptfunktion eines Implantats in dem Transfer der Krafteinwirkung (6).

Häufig wird der Begriff „Implantat“ fälschlicherweise für ein Implantatsystem mit fertiggestellter Suprakonstruktion verwendet. Das eigentliche Implantat (auch Implantatkörper genannt) ist der Anteil, welcher im Kiefer fest verankert ist (7). Das Implantatsystem besteht aus drei Teilen: dem Implantatkörper, dem Implantataufbau, und der Implantatkrone.

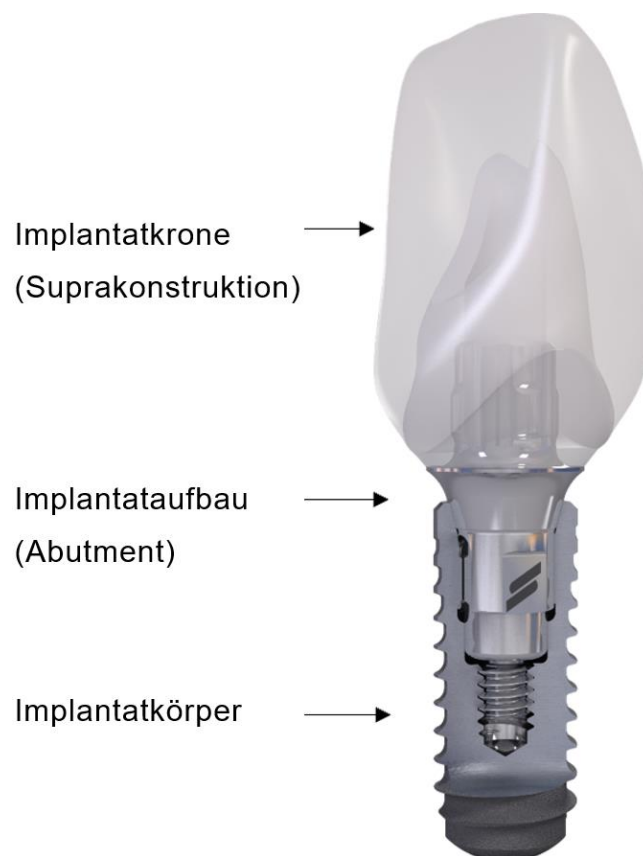


Abbildung 1: Implantatsystem mit seinen Bestandteilen (8)

Die genaue Definition des Implantats ist insofern wichtig, da bei der Ermittlung des Überlebens und Erfolgs eines Implantats berücksichtigt werden muss, welches als dieses gilt. Während Albrektsson et. al. sowie Jahn und d'Hoedt in ihren Erfolgskriterien die Suprakonstruktion nicht berücksichtigen, stellen Buser et. al. lediglich den Anspruch eine Suprakonstruktion anbringen zu können (9-11). Dies bedeutet, dass eine defekte oder abgebrochene Suprakonstruktion nicht unmittelbar als Misserfolg anzusehen ist, solange der Implantatkörper weiterhin alle Erfolgskriterien erfüllt. Genaueres zu den verschiedenen Erfolgskriterien ist im Kapitel 2.7 „Erfolgskriterien“ zu finden.

## 2.2 Einteilung der Implantate

Die heutigen Implantate werden nach verschiedenen Kriterien eingeteilt. Die häufigsten Einteilungen sind (1, 2, 12):

- Einheilform
- Implantatform (Makrostruktur)
- Implantatmaterial (Mikrostruktur)
- Implantationszeitpunkt

### 2.2.1 Einheilform

Hierbei wird zwischen dem einzeitigen, offenen, und dem zweizeitigen, geschlossenen Vorgehen unterschieden (12). Beim einzeitigen Vorgehen handelt es sich um eine transgingivale Einheilung, während beim zweizeitigen Vorgehen das Implantat subgingival einheilt. Der wesentliche Unterschied besteht in der Anzahl der operativen Eingriffe. Beim einzeitigen Verfahren ist lediglich eine Operation notwendig, während beim zweizeitigen Verfahren die Implantatfreilegung in der Regel nach drei bis sechs Monaten erfolgt (12).

Zudem wird beim einzeitigen Vorgehen zwischen einteilige und zweiteilige Implantatsysteme differenziert. Einteilige Implantate bestehen aus einem Stück und besitzen keine Trennung zwischen dem intraossären und dem prothetischen Implantatbereich (13). Da diese Implantate meist sofort belastet werden und bei der Insertion des Implantats prothetische Aspekte bereits berücksichtigt werden müssen, wird diese Form selten angewandt (13).

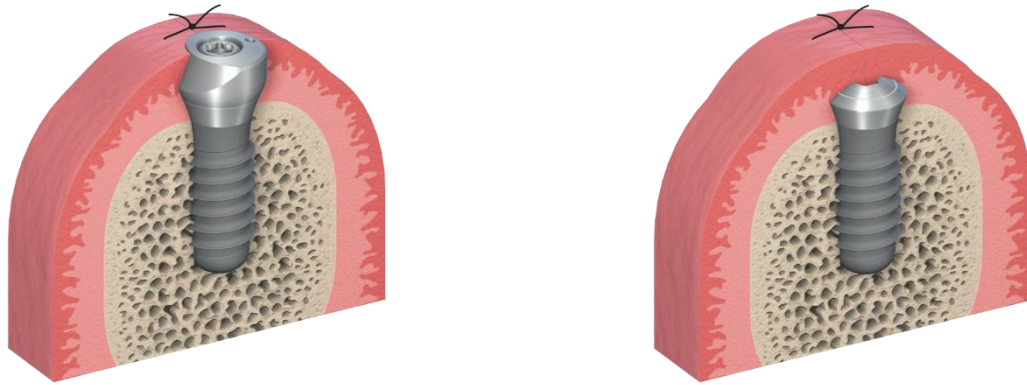


Abbildung 2: Einzeitige, transgingivale Einheilung (links) und zweizeitige, subgingivale Einheilung (rechts) von Straumann® Implantaten (14)

Enquist et. al. verglichen 2002 die beiden Einheilformen miteinander. Sie kamen zu dem Entschluss, dass beide Vorgehen annähernd gleiche Werte im Erfolg und marginalen Knochenabbau aufwiesen (15). Zusätzlich verglichen sie eine dritte einzeitige Gruppe, welche frühzeitig (zwölf Wochen postoperativ) belastet wurde. Hierbei war die Gefahr des Verlustes deutlich erhöht (15). Gheisari et. al. kamen in ihrer Untersuchung von 2017 bezüglich der Einheilformen zum gleichen Ergebnis (16). Dennoch gaben sie an, dass das einzeitige Vorgehen, aufgrund des geringeren Stresses und Zeitaufwandes, wesentliche Vorteile für den Patienten aufweist (16).

### 2.2.2 Implantatform (Makrostruktur)

Die Implantatform hat einen entscheidenden Einfluss auf die Primärstabilität und damit auch auf die Langlebigkeit des Implantats (17). Die bekanntesten Formen sind Blatt-, Disk-, Zylinder-, und Schraubenimplantate (2, 12).

Während Blatt- und Diskimplantate mittlerweile obsolet sind, werden Zylinderimplantate in bestimmten Fällen verwendet. Die am meisten genutzte Form ist das Schraubenimplantat (2, 12). Grund hierfür ist, dass durch schraubenförmige Implantate die Implantatoberfläche wesentlich vergrößert wird und dadurch eine bessere Primärstabilität erreicht wird (6). Des Weiteren können die Zylinder- und Schraubenimplantate in parallelwandig, abgestuft und konisch unterteilt werden. In einem side-by-side Vergleich beobachteten Cochran et. al. 2016, dass parallele und konische Implantate keine signifikanten Unterschiede in der Osseointegration aufwiesen (18, 19). Konische Implantate sollen den



dagegen den Vorteil besitzen, eine bessere Primärstabilität in Extraktionsalveolen und weichem Knochen zu haben (19). Jedoch gibt es hierfür bisher wenige Belege (20). Des Weiteren bestimmen Implantatdurchmesser und -länge ebenfalls die Form und üben einen Einfluss auf die Primärstabilität aus. Entscheidend ist hier in welchen Typ Knochen das Implantat inseriert wird. Während in Typ 1 und 2 Knochen der Durchmesser eine untergeordnete Rolle spielt, sind in Typ 3 und 4 Knochen größere Durchmesser zu empfehlen (17, 21).

### 2.2.3 Implantatmaterial (Mikrostruktur)

Neben der makroskopischen Implantatform spielt die mikroskopische Form, das Implantatmaterial, ebenfalls eine sehr große Rolle.

So stellten Carlsson et. al. in einer Kaninchenstudie fest, dass Implantate mit einer rauen Oberfläche im Vergleich zu glatten Oberflächen mit deutlich höherem Aufwand wieder aus dem Knochen zu entfernen waren. Dennoch wiesen beide Oberflächenformen eine gute Primärstabilität auf (22).

Das qualitativ hochwertigste Material ist das Titan (23). Es weist hohe Elastizitätsmodule auf und wird vom Knochen gut integriert (12). Als Alternativmaterial wird häufig das Zirkondioxid verwendet. Es weist ähnliche Oberflächenstrukturen auf und ist vor allem im ästhetischen Bereich vorteilhaft, da Titan durch die Gingiva durchschimmern kann (12, 24). Dennoch besteht bei Zirkondioxid Implantaten noch immer die höhere Gefahr des Bruchs (24).

Des Weiteren werden Oberflächenmodifikationen der Implantate vorgenommen, um den Knochenkontakt zu erhöhen. Hierbei unterscheidet man prinzipiell in zwei Techniken: die additive und subtraktive Technik (25).

Bei der additiven Technik wird das Implantat entweder beschichtet oder imprägniert. Imprägniert bedeutet, dass der Wirkstoff, i. d. R. Ionen, vollständig in das Titan eingedrungen ist (26), während bei der Beschichtung der Wirkstoff nur oberflächlich aufgetragen wird (25).

Bei der Beschichtung haben sich folgende Verfahren etabliert: titanium plasma spraying (TPS), hydroxy apatite coating (HA), alumina coating und biometric calcium phosphate coating (25).

Chappuis et. al. untersuchten in einer 20-Jahres-Prospektive das Überleben von TPS beschichteten Implantaten und stellten fest, dass mit einer Überlebensrate von 89,5% TPS Implantate gute Ergebnisse lieferten (27).

Bei den subtraktiven Verfahren wird mit Hilfe von Säure (ein Gemisch aus Salpetersäure und Fluorwasserstoff oder Schwefelsäure und Salzsäure) oder Sandstrahlern (Titandioxid-Partikel der Größe 0,25 - 0,5 Mikrometer) die Rauigkeit durch Abtragung erreicht (23). Daneben existiert eine Kombination aus beiden subtraktiven Techniken, die sogenannte sandblasted and acid-etched surface Technik (SLA). Hierbei wird zunächst die Oberfläche mit einem Sandstrahler behandelt und anschließend mit Säure angeätzt (23). Diese Form der Oberflächenmodifikation erzielte hervorragende Ergebnisse. Van Velzen et. al. haben in einem 10-Jahres Zeitraum ein Überleben von 99,7% nach den Kriterien von Buser 1997 ermittelt (9, 28), während Buser selbst im 10-Jahres Zeitraum auf ein Überleben von 98,8% und ein Erfolg von 97% kam (29).

#### 2.2.4 Implantationszeitpunkt

Der Implantationszeitpunkt ist dahingehend wichtig, da bei fehlenden Zähnen es zu Knochenresorptionen kommen kann (5). Dennoch kann nicht immer unmittelbar post extractionem die Implantation erfolgen. Zum Beispiel müssen bei apikalen/parodontalen Schäden, Entzündungen, Osteolysen und zystischen Defekten diese vollständig abheilen, bevor eine Implantation in Erwägung gezogen werden kann (12). Hierfür wurden auf der ITI Konsensuskonferenz 2003 verschiedene Implantationszeitpunkte nach Buser und Chen definiert (30):

Klassifikation	Definition	Gewünschte klinische Ergebnisse
<b>Typ 1</b>	Sofortimplantation	Implantat Einbringung in eine Extraktionsalveole in derselben Sitzung, in der die Zahnextraktion erfolgt.
<b>Typ 2</b>	Frühimplantation – nach Weichgewebeheilung (typischerweise 4 – 8 Wochen nach Zahnextraktion)	Weichgewebeheilung über der Extraktionsalveole, jedoch ohne signifikante Knochenheilung.
<b>Typ 3</b>	Frühimplantation – nach partieller Knochenheilung (typischerweise 12 – 16 Wochen nach Zahnextraktion)	Weichgewebeheilung über der Extraktionsalveole und signifikante Knochenheilung.
<b>Typ 4</b>	Spätimplantation (mehr als 6 Monate nach Zahnextraktion)	Implantat Einbringung bei abgeschlossener Knochenheilung.

*Tabelle 1: Implantationszeitpunkte nach Buser und Chen auf der ITI Konsensuskonferenz 2003 (30, 31)*

In welchen Situationen die verschiedenen Implantationszeitpunkte verwendet werden sollen, fassten Buser et. al. 2000 zusammen (32). Für die Sofortimplantation sollten optimale klinische Bedingungen vorliegen, wie eine komplett intakte vestibuläre Knochenwand mit Mindeststärke von  $> 1$  mm und eine ausreichend dicke Gingiva. Zudem sollten keine akuten und eitrigen Entzündungen und ein gutes Knochenangebot vorhanden sein. Beim Typ 2 Zeitpunkt wird die Weichgewebeheilung genutzt. Dadurch entstehen geringere post chirurgische Komplikationen. Durch die Gewebeheilung kommt es zu einer zusätzlichen 3 - 5 mm dicken keratinisierten Gingiva, welche vor allem bei dünnen vestibulären Wänden diese ersetzt. Des Weiteren können Infektionen abheilen und es formiert sich apikal Knochen, was für die spätere Insertion des Implantats von Vorteil ist. Beim Typ 3 sind die Knochenentzündungen erheblich, sodass eine längere Heilungsphase notwendig ist, da sonst keine ausreichende Primärstabilität erreicht werden kann. Bei der Spätimplantation wird in patientenabhängige und bedingungsabhängige Fälle unterteilt (33). Patientenabhängig sind bspw. schwangere Frauen und Jugendliche, welche zu

---

jung sind für eine Implantation. Bedingungsabhängig sind Fälle, in denen der Knochen zu stark zerstört ist, um eine Primärstabilität zu erreichen. Hier sollte man erst eine Augmentation realisieren und nach Abheilung die Implantation durchführen.

### 2.3 Straumann® Implantatsystem

Da ein Einschlusskriterium das Straumann® Implantatsystem ist, wird im Folgenden auf dieses genauer eingegangen.

Prinzipiell gibt es zehn verschiedene Implantatformen der Firma Straumann®, welche in Bone Level und Tissue Level Implantate unterteilt werden (14). Zudem bietet die Firma Straumann® zwei Implantatformen aus Keramikmaterialien an. Diese zwei Formen wurden in der vorliegenden Dissertation nicht berücksichtigt. Im März 2019 präsentierte die Firma Straumann® auf der Internationalen Dental-Schau (IDS) ihre neueste Implantatform. Hierbei handelt es sich um das BLX System, welches sich nach Angaben des Herstellers besonders für Sofortversorgungen eignen soll (34).

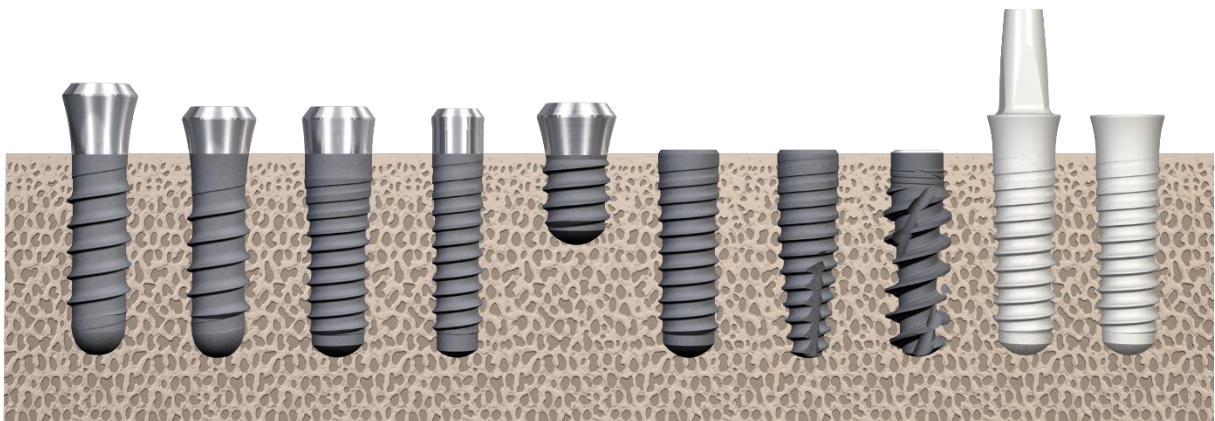


Abbildung 3: Verschiedene Implantattypen der Firma Straumann® (14)

Tissue Level Implantate besitzen eine Implantatschulter, welche über den Knochen herausragt und zur Weichgewebeformung beitragen. Bone Level Implantate besitzen diese Eigenschaft nicht und können diesen Effekt lediglich durch den Implantataufbau erzielen (35). Bone Level Implantate werden bevorzugt im ästhetischen Bereich angewandt, da sie die Möglichkeit des zweizeitigen Vorgehens bieten und so bessere ästhetische Ergebnisse erzielen. Tissue Level Implantate eignen sich vor allem für die Hybridprothetik (35). Siebert et. al. kamen in einer Langzeitstudie zu dem Ergebnis, dass beide Implantatformen annähernd gleiche ästhetische Resultate erzielen (36).

Alle Straumann® Implantattypen sind Schraubenimplantate. Sie bestehen entweder aus Titan Grad 4, aus Roxolid® oder aus Keramik. Bei Roxolid®

handelt es sich um eine von der Firma Straumann® entwickelte Metalllegierung aus 85% Titan und 15% Zirkonium, welches eine höhere Ermüdungs- und Zugfestigkeit im Vergleich zu Titan aufweisen soll (37).

Die Oberflächen wurden mit SLA oder SLActive® bearbeitet. SLActive® ist eine von Straumann® selbst entwickelte, neuartige Oberflächenbearbeitung. Dabei wird die Implantatoberfläche zusätzlich zum SLA Verfahren unter Stickstoffabdeckung abgespült, um so eine Luftabschirmung zu erreichen. Anschließend wird das Implantat in einer isotonischen Kochsalzlösung eingelegt, wodurch sich keine natürlichen Carbonate anlagern sollen (38, 39). Dadurch kommt es zu einer höheren Oberflächenenergie und Hydrophilie, was wiederum zu kürzeren Einheilzeiten führen soll (40, 41). In einer Studie von Lang et. al. wurde erstmals in menschlichen Freiwilligen die Osseointegration von SLA und SLActive Implantaten verglichen (42). Aus der Studie geht hervor, dass die Osseointegration bei SLActive® Implantaten höher war.

Alle Implantattypen sind in drei unterschiedlichen Durchmessern erhältlich: 3,3 mm, 4,1 mm und 4,8 mm (14). Des Weiteren bieten sie zudem sogenannte Mini-Implantate mit Durchmessern von 2,9 mm an. Im Rahmen dieser Dissertation werden die Durchmesser 3,3 mm und 4,1 mm genauer untersucht.

## 2.4 Kieferknochen

Neben den Implantatfaktoren spielt der Knochen, in dem das Implantat inseriert wird, eine gleichwertige Rolle. Der Knochen gehört zusammen mit dem Knorpel zum Stützgewebe (43) und sorgt für die Stabilität des Implantats. So teilte bereits Lekholm und Zarb 1985 den Knochen in vier unterschiedliche Klassen ein (44). Diese Einteilung gilt bis heute als die populärste Einteilung (45). Eine weitere gängige Klassifikation des Knochens ist die nach Misch 1990 (46). Hier wird der Knochen in D1 bis D4 gegliedert, wobei die ersten drei Gruppen mit verschiedenen Holzarten und die letzte Gruppe mit Styropor verglichen wurden.









Reference	Tool used in classification	Type of bone	Images
<b>Lekholm &amp; Zarb (1985)</b>	Plain radiography, Morphology	Type 1: Homogeneous cortical bone	
		Type 2: Thick cortical bone with marrow cavity	
		Type 3: Thin cortical bone with dense trabecular bone of good strength	
		Type 4: Very thin cortical bone with low density trabecular bone of poor strength	
<b>Misch (1990,1993)</b>	Clinician perception (Hand feel resistance)	D1 = Oak wood	
		D2 = Pine wood	
		D3 = Balsa wood	
		D4 = Styrofoam	

Tabelle 2: Klassifikation nach Lekholm & Zarb und nach Misch (44-46)

Li et. al. 2017 registrierte, dass die Osseointegration des Implantats im Typ III Knochen deutlich höher im Vergleich zum Typ I Knochen ist (47). Dafür sind die erhöhte Zellproliferation und Bone Remodelling des Typ III Knochens sowie die erhöhte Zahl an Osteoprogenitorzellen verantwortlich (47).

1990 wurde mit dem Fortschritt der Computertomographie eine weitere Form der Bestimmung der Knochendichte entwickelt. Hierbei wird die Knochendichte mit Hilfe eines CT-Geräts gemessen und in Hounsfield Unit (HU) angegeben (48). So konnte beispielsweise die Einteilung nach Lekholm und Zarb 1985 genauer mit der HU bestimmt werden.





Bone quality according to Lekholm and Zarb	Norton and Gamble bone density scale (HU)	Bone density according to CBCT in this study (HU)
<b>Bone type 1</b> 	> +850	> +600
<b>Bone type 2</b> 	+500 ~ +850 (Bone type 2 and type 3)	+200 ~ +600 (Bone type 2 and type 3)
<b>Bone type 3</b> 	+500 ~ +850 (Bone type 2 and type 3)	+200 ~ +600 (Bone type 2 and type 3)
<b>Bone type 4</b> 	0 ~ +500	< +200

Tabelle 3: Knocheneinteilung nach Lekholm und Zarb 1985 und die dazugehörige Dichte angegeben in HU (44, 48)

Grundsätzlich muss zwischen dem Unterkieferknochen und dem Oberkieferknochen unterschieden werden. Der Unterkiefer besitzt einen wesentlich höheren Kompakta Anteil im Vergleich zum Oberkiefer (49). Sogar innerhalb des Unter- und Oberkiefers gibt es wesentliche Unterschiede. So weist beispielsweise der Oberkiefer zwischen dem ersten Molar und dem zweiten Prämolaren die höchste Dichte auf, während die Tuberositas am spongösesten ist (49). Hao et. al. gliederten den Ober- und Unterkiefer jeweils in eine anteriore



und posteriore Region. Anschließend untersuchten sie die Regionen mit Hilfe der HU und teilten sie in die verschiedenen Klassen nach Misch ein (48).

Region	Implant sites	Subjective classification			D4 (%) in each region
		D1	D2/3	D4	
<b>AMd</b>	14	12	2	0	0%
<b>AMx</b>	29	3	24	2	6.9%
<b>PMd</b>	115	6	101	8	7.0%
<b>PMx</b>	78	0	48	30	38.5%
<b>Total</b>	236	21 (8.9%)	175 (74.1%)	40 (17%)	

*Tabelle 4: Einteilung der anterioren und posterioren Maxilla und Mandibula nach Knochentypen nach Misch 1985 durch Hao unter Zuhilfenahme der HU-Skala (48)*

Anhand dieser Tabelle wird ersichtlich, dass die anteriore Mandibula am kompaktesten und die posteriore Maxilla am spongösesten ist. Diese Aussage von Hao et. al. deckt sich mit den Resultaten von Chugh et. al. weitestgehend. Daher sollte immer berücksichtigt werden, in welcher Region die Implantate inseriert werden.

#### 2.4.1 Histologie

Histologisch wird der menschliche Körper in vier Grundgewebeformen unterteilt: in das Epitel-, Muskel-, Nerven- und Bindegewebe (43). Zu dem Bindegewebe wird ebenfalls das Fett- und Stützgewebe gezählt. Letzteres besteht aus dem uns interessierenden Knochen und Knorpelgewebe. Im Weiteren wird ausschließlich auf das Knochengewebe eingegangen.

Der Knochen stellt eine besondere Form der Gewebearten dar, da der Hauptanteil aus anorganischen Materialien, dem sogenannten Hydroxylapatit, besteht. Hydroxylapatit ist die kristalline Form des Kalziumphosphats und gibt dem Knochen seine Stabilität (50).

Neben der anorganischen Matrix besteht Knochengewebe auch aus organischer Matrix. Hier ist der Hauptbestandteil das Kollagen. Aufgrund des hohen

extrazellulären Anteils zählt der Knochen zu den bindegewebigen Strukturen, da dies allen gemein ist (51).

Innerhalb des Knochengewebes befinden sich Knochenzellen, bestehend aus Osteoprogenitorzellen, Osteoblasten, -zyten und -klasten (43). Während die Osteoblasten für den Aufbau zuständig sind, sind die Osteoklasten für den Abbau des Knochens verantwortlich. Diese müssen sich stets im Gleichgewicht befinden für das „Wachstum, Heilung und kontinuierliche Bone Remodelling“ (52). Bei den Osteozyten handelt es sich um Knochenzellen, welche im Gegensatz zu den Osteoblasten und -klasten in die verkalkte Matrix eingebettet sind und als Mechanosensor angesehen werden (43). Sie registrieren den Knochenaufbau und -abbau. Die Osteoprogenitorzellen sind die Vorläuferzellen der Osteoblasten und differenzieren sich zu diesen.

Makroskopisch lässt sich der Knochen in kompakten und spongiösen Knochen unterteilen. Der kompakte Knochen ist die stabilere Form des Knochens und befindet sich meist in der Peripherie des Knochens. Der spongiöse Knochen hingegen besteht aus feinen Trabekeln im inneren des Knochens. Dieser Teil ist weit gefenstert und enthält Fett und blutbildendes Gewebe (43).

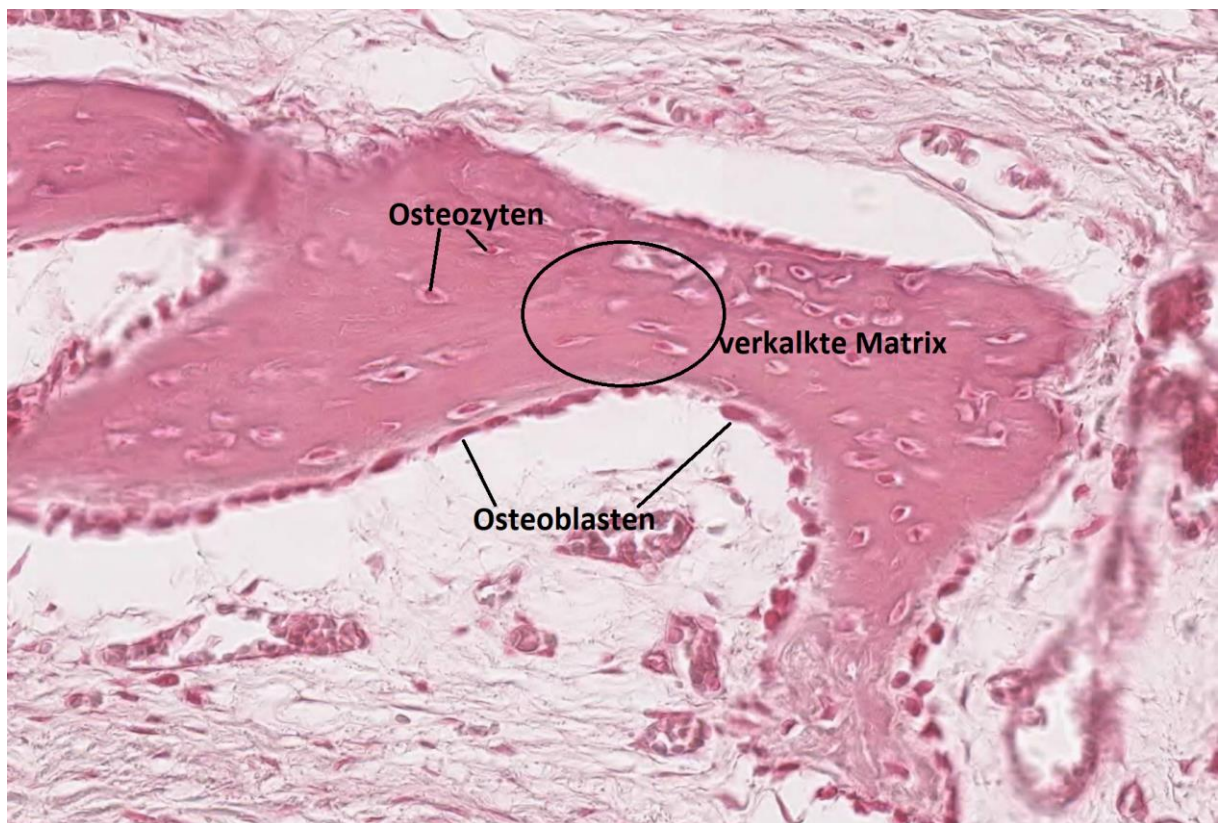


Abbildung 4: Knochenentwicklung, Scheitelbein; H.E. Färbung (53)

Werden diese zwei Unterteilungen genauer betrachtet, ist zu erkennen, dass beide histologisch gleich aufgebaut sind. Sie bestehen beide aus Lamellenknochen. Während im spongösen Knochen die Lamellen unwillkürlich parallel zur Oberfläche verlaufen, lässt sich der Aufbau der Lamellen im kompakten Knochen genauer gliedern. Der kompakte Knochen besteht aus Spezial-, Schalt- und Generallamellen (43). Während Speziallamellen kreisförmig innerhalb der Kompakta verlaufen und mit den im inneren verlaufenden Gefäßen die Osteone bilden, verlaufen die Generallamellen am äußeren und inneren Rand der Kompaktaschicht und begrenzen diesen. Schaltlamellen sind untergegangene Speziallamellen, welche vereinzelt und unstrukturiert zwischen den Osteonen zu finden sind und ein Zeichen des ständigen Bone Remodellings sind (43).

Der genaue Aufbau ist in Abb. 5 dargestellt.

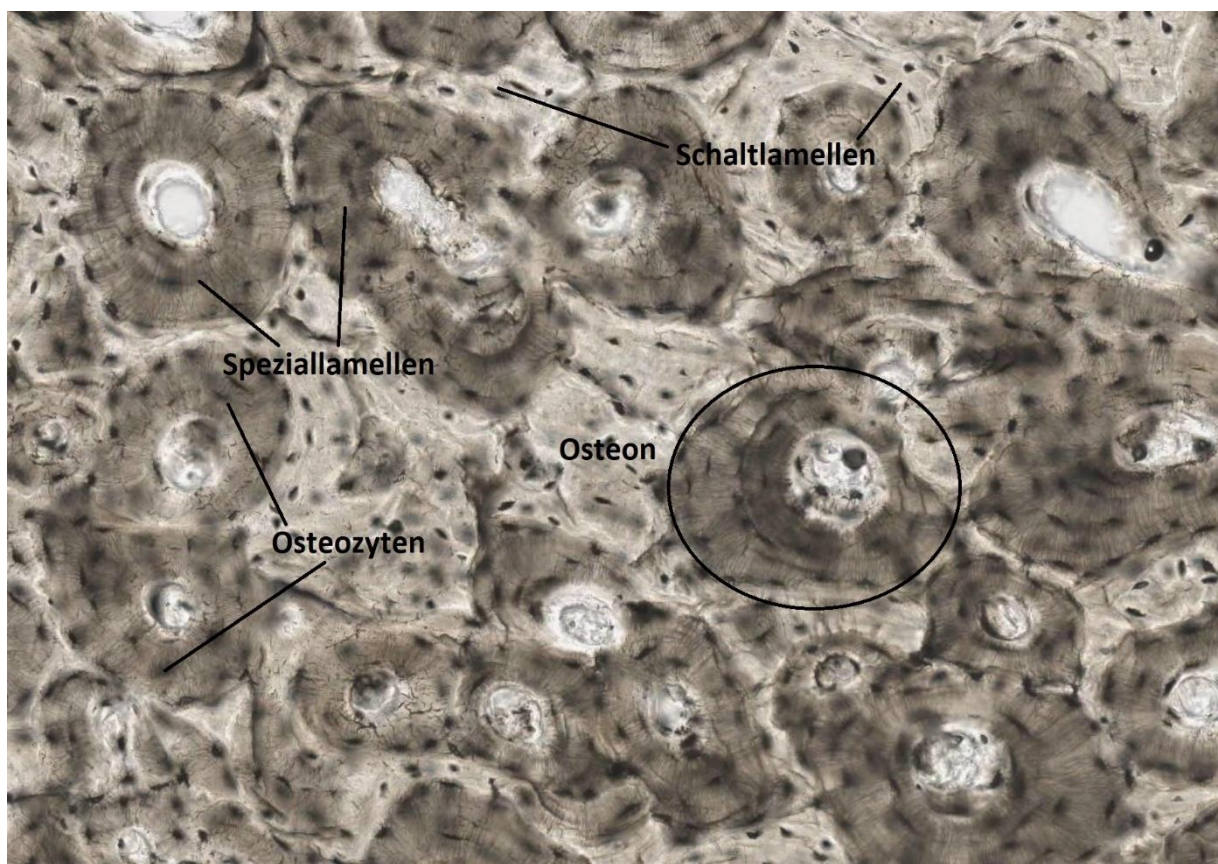


Abbildung 5: Histologischer Knochenschliff (54)

Handelt es sich um einen unreifen, noch in der Entwicklung befindlichen Knochen, sieht man diesen klassischen Aufbau nicht. Dieses Stadium des Knochens wird als Geflechtknochen bezeichnet und ist der Vorläufer des Lamellenknochens (51, 55).

#### 2.4.2 Osseointegration

Den Begriff Osseointegration definierte Brånemark als „beständigen, direkten und nachhaltigen Verbund zwischen dem vitalen Knochen und der Implantatoberfläche“ (56). Dabei darf kein Bindegewebe zwischen Knochen und Implantatoberfläche zu finden sein (57).

Wie bereits im Kapitel 2.4 „Kieferknochen“ beschrieben, kann das Bone Remodelling und die damit verbundene Osseointegration von der Art des Knochens abhängen (44, 47).

Beim Bone Remodelling handelt es sich um einen dauerhaften Prozess. Hierbei wird ständig Knochen abgebaut und wieder in Form des unverkalkten Osteoids aufgebaut, welches anschließend mineralisiert (58).

Die Osseointegration hängt zudem von der Art der Insertion ab. So stellten Albrektsson 2000 et. al. die Behauptung auf, dass die Osseointegration von der Größe des Traumas des Knochens abhängig ist (52). Je stärker das Trauma, desto geringer die Osseointegration.

1987 beschrieben Albrektsson und Jacobsson wichtige Parameter für eine erfolgreiche Osseointegration (59). Diese beinhalten:

- Biokompatibilität des Implantatmaterials
- Makrostruktur (Implantatform)
- Mikrostruktur (Implantatoberfläche)
- Zustand des Implantatbetts (Durchblutung, Infektionen etc.)
- Minimal traumatisierende Insertion des Implantats
- Keine Belastung während der Einheilungsphase

## 2.5 Augmentationsverfahren

In manchen Fällen ist das Knochenangebot vertikal und/oder transversal zu gering, um ein Implantat erfolgsversprechend inserieren zu können. Ursache hierfür ist die Zahnlosigkeit und die damit einhergehende Resorption des Knochens (60, 61).

Cawood und Howell untersuchten 1988 die Resorptionen des unbezahnten Kiefers genauer und teilten die Defekte in sechs Klassen ein (62):

Bone defect	Description
<b>Class I</b>	Dentate.
<b>Class II</b>	Immediately post extraction.
<b>Class III</b>	Well-rounded ridge form, adequate in height and width.
<b>Class IV</b>	Knife-edge ridge form, adequate in height and inadequate in width.
<b>Class V</b>	Flat ridge form, inadequate in height and width.
<b>Class VI</b>	Depressed ridge form, with some basalar loss evident

Tabelle 5: Klassifikation des unbezahnten Kiefers nach Cawood und Howell (62)

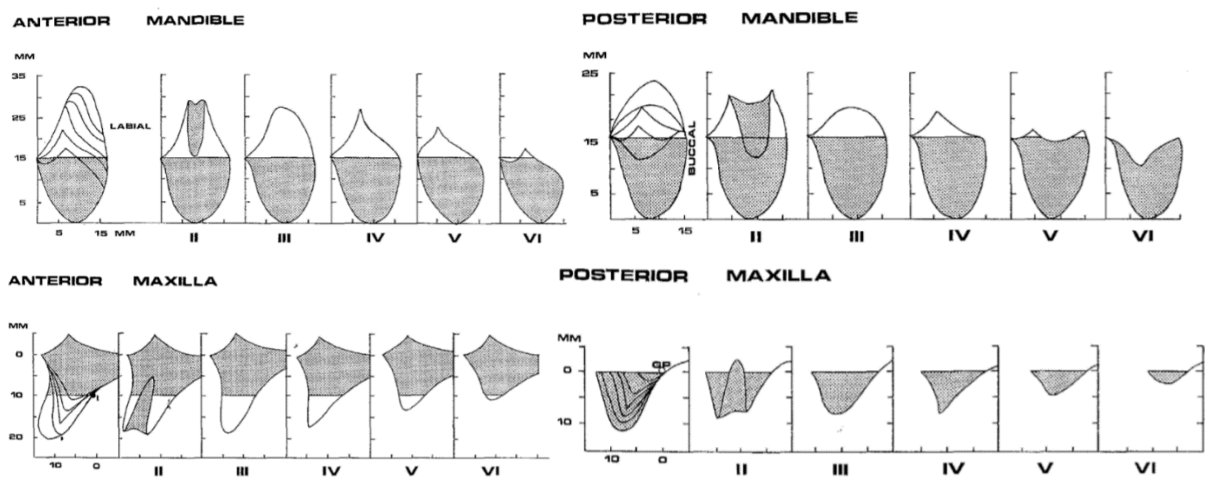


Abbildung 6: Klassifikation der Knochenresorption des unbezahnten Kiefers nach Cawood and Howell (62)

Sie stellten fest, dass insbesondere der Alveolarknochen sich vertikal und horizontal stark veränderte, während der basale Knochen, solange keine schlecht sitzende Prothese den basalen Knochen belastete, keine starke Veränderung aufwies (62).

Aus diesem Grund bedarf es Knochenaufbauten, auch bekannt als Augmentationen. Hierbei werden verschiedene Augmentationsmaterialien mit verschiedenen Techniken appliziert, um so ein ausreichendes Angebot an Knochen zu erreichen und eine Implantation durchführen zu können. Benic und Hämmerle klassifizierten 2000 die Knochendefekte und ihre Augmentationsmöglichkeiten in sechs Kategorien und veranschaulichten es mit Hilfe von Bildern (63):

Bone defect	Description
<b>Class 0</b>	Site with a ridge contour deficit and sufficient bone volume for standard implant placement
<b>Class 1</b>	Intra-alveolar defect between the implant surface and intact bone walls
<b>Class 2</b>	Peri-implant dehiscence, in which the volume stability of the area to be augmented is provided by the adjacent bone walls
<b>Class 3</b>	Per-implant dehiscence, in which the volume stability of the area to be augmented is not provided by the adjacent bone walls
<b>Class 4</b>	Horizontal ridge defect requiring bone augmentation before implant placement
<b>Class 5</b>	Vertical ridge defect requiring bone augmentation before implant placement

*Tabelle 6: Klassifikation der Knochendefekte nach Benic und Hämmerle mit bildlicher Veranschaulichung und Beispielen des Augmentationsvorgehens (63)*

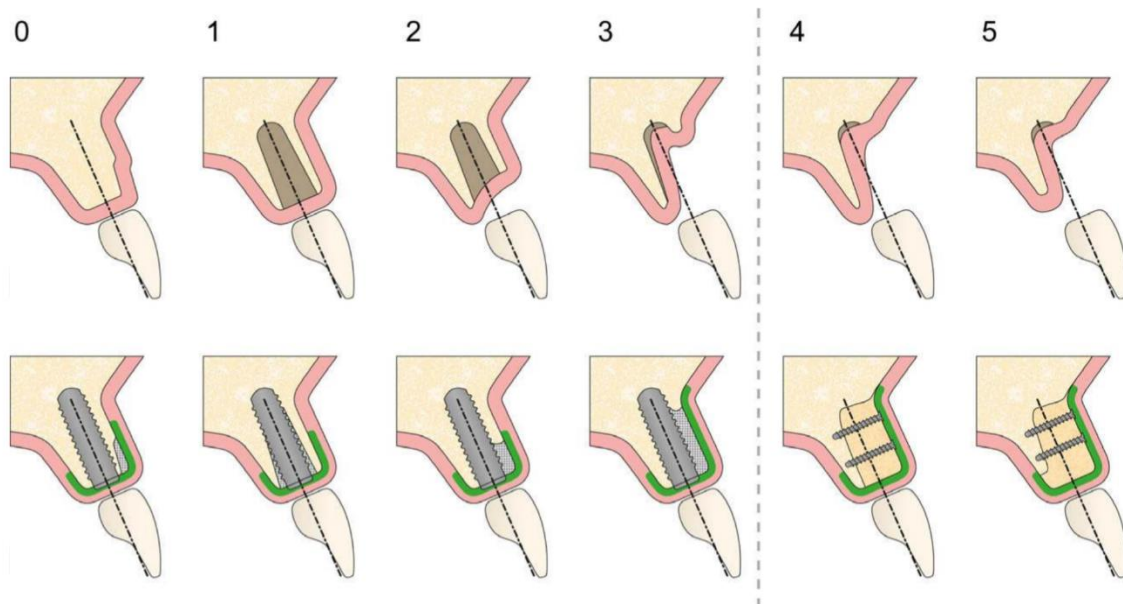


Abbildung 7: Klassifikation der Knochendefekte nach Benic und Hämmerle mit bildlicher Veranschaulichung und Beispielen des Augmentationsvorgehens (63)

Die bekanntesten Augmentationsstechniken nach McAllister und Haghigat sind (64):

- Guided Bone Regeneration (GBR)
- Sinusaugmentation (extern, intern)
- Socket Preservation
- Auflagerungsplastik
- Block Transplantat
- Kieferkammspaltung
- Distraktionsosteogenese

Da im Rahmen dieser Dissertation die horizontale Knochenaugmentation untersucht wird, wird im Folgenden genauer auf die Guided Bone Regeneration, Auflagerungsplastik und Kieferkammspaltung eingegangen.

### 2.5.1 Guided Bone Regeneration

Bis heute gilt die GBR als eine der erfolgversprechendsten und meist genutzten Verfahren zur Augmentation (63, 65, 66). Der Grund liegt in der einfachen Handhabung und den geringen Komplikationen, welche leicht zu beheben sind (67). Hierbei wird unter Zuhilfenahme einer Membran nicht-knöchernes Gewebe von der Knochenregeneration ausgeschlossen (68). Dadurch wird der Defekt durch das Knochenmark und die Knochenoberfläche mit Blutgefäßen und Knochenzellen aufgefüllt und kann so regenerieren (67).

Scantlebury stellte 1993 fünf Kriterien an die Membranen, welche bis heute noch gelten (69, 70):

- Biokompatibilität
- Platzhalterfunktion
- Zell-Verschluss
- Gewebe-Integration
- Klinische Handlichkeit

Es wird grundsätzlich zwischen resorbierbaren und nicht-resorbierbaren Membranen unterschieden (63, 67). Während bei den resorbierbaren Membranen kein zweiter Eingriff zur Entfernung notwendig ist, sind nicht-resorbierbare Membranen deutlich steifer und sorgen für eine längere und bessere Barriere gegen das umliegende Gewebe (67). Daher werden sie bei größeren Defekten angewandt. Das sogenannte „Titanium-Mesh“ repräsentiert eins der erfolgversprechendsten nicht-resorbierbaren Materialien (70).



### 2.5.2 Auflagerungsplastik

Bei diesem Verfahren werden entweder lokal partikulärer Knochen angelagert oder lokal Knochenblöcke mittels Schrauben am Kieferknochen fixiert. Hierbei wird in zwei Arten von Schraubensystemen unterschieden: die Zugschrauben und Stellschrauben (71). Bei den Zugschrauben ist das Gewindeloch des Transplantats größer als das eigentliche Gewinde. Dadurch wird das Transplantat beim Verschrauben an die Knochenunterlage angezogen. Bei den Stellschrauben ist dieser Effekt nicht erwünscht. Hier soll der Knochen ohne Druck angelagert werden. Dies wird erreicht indem das Gewindeloch des Transplantats und die Schraube den gleichen Durchmesser erhalten (71). Dieses Verfahren kann sowohl horizontal als auch vertikal erfolgen. Das bevorzugte Augmentationsmaterial ist der autologe Knochen (72). Dennoch sind andere Materialien möglich. Die Überlebens- und Erfolgsraten von Implantaten, welche mit dieser Technik inseriert wurden, sind nach Aloy-Prósper et. al. 2015 annähernd vergleichbar mit Implantaten, welche durch die GBR oder ohne Augmentation inseriert wurden (73).

### 2.5.3 Kieferkammspaltung (Bone Splitting)

Bei der Kieferkammspaltung, auch häufig Bone Splitting genannt, wird der atrophierte Kieferkamm longitudinal mit einem Meißel aufgespreizt und dadurch eine sogenannte „Grünholzfraktur“ provoziert (74). Diese Technik wurde früher nur in Typ 3 und 4 Knochen nach Lekholm und Zarb 1985 empfohlen (44, 75). Mit dem Fortschritt des piezoelektrischen Sensors und des Microsaw wurde die Möglichkeit geschaffen, jeden Knochentyp aussichtsreich zu spalten (75). Der Vorteil dieser Technik ist, dass die sofortige Insertion des Implantats möglich ist (75). 2017 verglichen Gruler et. al. die Kieferkammspaltung mit der Auflagerungsplastik und kamen zu dem Entschluss, dass die Erfolgsraten annähernd gleich waren. Der Vorteil der Kieferkammspaltung war jedoch eine geringere Knochenresorption (76).

## 2.6 Augmentationsmaterialien

Die Materialien für die Augmentation werden je nach Herkunft in vier Kategorien eingeteilt (63).

Graft material	Origin	Examples
<b>Autograft</b>	Patient's own tissue	Intra-orally or extra-orally harvested
<b>Allograft</b>	Tissue from individuals of the same species	Fresh-frozen bone, freeze-dried bone, demineralized freeze-dried bone
<b>Xenograft</b>	Tissue from other species	Bovine-, porcine-, equine-derived bone mineral
<b>Alloplast</b>	Synthetically produced material	Tricalcium phosphate, hydroxyapatite, hydroxyapatite/tricalcium phosphate composite, calcium phosphate cement, calcium sulfate, bioactive glass, polymers

*Tabelle 7: Knochenersatzmaterialien gegliedert nach Herkunft mit Beispielen (63)*

Das autologe Material erzielte in einer Studie von Moses et. al. die höchsten Erfolgsraten (77). Dennoch ist nach Aussagen von Sakkas et. al 2017 die Weiterentwicklung des allogenen und xenogenen Augmentats weit vorangeschritten und stellt mit geringfügig erniedrigten Erfolgsraten ungeachtet dessen eine gute Alternative zum autologen Material dar. Besonders in Hinsicht auf die Entnahmemorbidität wiesen allogene und xenogene Materialien Vorteile auf (78).

## 2.7 Erfolgskriterien

Um letztendlich beurteilen zu können, ob ein Implantat einen Erfolg oder Misserfolg darstellt, bedarf es verschiedener Kriterien.

Als wichtige Parameter in Bezug auf das Überleben von Implantaten haben sich die Implantatform, die Makro- und Mikrostruktur des Implantats und die Primärstabilität herausgestellt (79).

Folgend sind die Erfolgskriterien der fünf bekanntesten Autoren aufgelistet (80):

Erfolgskriterien nach Buser et. al. (9):

- Abwesenheit von persistierenden, subjektiven Beschwerden (bspw. Schmerz oder Fremdkörpergefühl)
- Abwesenheit von Periimplantitis mit Eiterbildung
- Abwesenheit von Mobilität
- Abwesenheit von Radiotransluzenzen um das Implantat herum
- Möglichkeit zur Anbringung einer Restauration

Zudem galten laut Buser et. al. alle Implantate, welche eine akute Infektion mit Eiterbildung sowohl gegenwärtig als auch in der Vergangenheit aufwiesen, zur Gruppe der überlebten Implantate. Als Misserfolg galten verlorene, entfernte, lockere oder frakturierte Implantate (29).

Erfolgskriterien nach Albrektsson et. al. (10):

- Das Implantat ist in situ
- Unverblocktes Implantat muss klinisch fest sein
- Röntgenologisch keine periimplantären Transluzenzen
- Vertikaler Knochenabbau  $< 0,2$  mm/Jahr nach dem 1. Jahr
- Keine Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Mandibularkanals

Erfolgskriterien nach Jahn und d'Hoedt (11):

- Das Implantat ist in situ
- Sulkustiefen (4-Punkt-Messung) darf nicht mehr als 4 mm in zwei aufeinanderfolgenden Kontrollen betragen
- Lockerungsgrad nicht höher als 1
- Röntgenologisch kein zweiseitiger durchgehender Spalt größer 0,5 mm
- Röntgenologisch darf der Knochendefekt mesial und distal nicht mehr als 3/10 des Implantatkörpers betragen
- Subjektive Bewertung des Implantats darf nach deutschen Schulnoten eine Note 3 nicht übersteigen

Erfolgskriterien nach dem National Institute of Health (NIH) (81):

- Das Implantat ist in situ
- Mobilität des Implantats < 1 mm
- Röntgenologische periimplantäre Transluzenz weniger als 1/3 der Implantatlänge
- Keine Infektion, keine Verletzung benachbarter Zähne, Par- oder Anästhesien und keine Verletzung der Kiefer- und Nasenhöhle oder des Mandibularkanals

Erfolgskriterien nach Naert (80, 82):

- Das Implantat ist in situ
- Periostwerte kleiner + 8
- Keine periimplantären Radiotransluzenzen
- Keine Implantatinduzierten Schmerzen, Infektion, Par- und Anästhesien
- Keine Implantatfraktur
- Implantat muss prothetisch verwendbar sein

Werden nun diese Erfolgskriterien miteinander verglichen, ist feststellbar, dass sie sich teilweise unterscheiden. Buch et. al untersuchten 508 Implantate nach den fünf bekanntesten Erfolgskriterien. Sie stellten fest, dass die Erfolgsraten stark voneinander abwichen. Während nach Naert-Kriterien die höchsten Erfolgsraten ermittelt wurden (89%), waren es bei Jahn und d'Hoedt die geringsten Werte (75%) (80).

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Studiendesign**

Diese retrospektive Studie zeigt den direkten Vergleich zwischen Straumann® durchmesserreduzierten Implantaten und Straumann® Standarddurchmesser-Implantaten in Kombination mit horizontaler Knochenaugmentation. Hierbei soll sowohl das klinische als auch das radiologische Langzeitergebnis ermittelt werden.

Es handelt sich um eine deskriptive und explorative Studie ohne eine von Beginn an festgelegte Hypothese.

Die Implantate wurden von erfahrenen Chirurgen der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz zwischen dem 01.01.2003 und 31.12.2018 inseriert.

Alle Implantationen und Augmentationen wurden nach Herstellerangaben durchgeführt. Hierbei wurden alle Einheilformen und Implantationszeitpunkte berücksichtigt. Ebenfalls wurden alle horizontalen Augmentationstechniken und Materialien eingeschlossen.

Diese Studie wurde in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki durchgeführt und durch die Ethik-Kommission der Landesärztekammer Rheinland-Pfalz überprüft (Antragsnummer 2019-14414) .

Alle Patienten wurden über die Teilnahme der Studie aufgeklärt und haben durch eine Unterschrift ihr Einverständnis zur anonymisierten Veröffentlichung ihrer Daten erteilt.

Das Patientenkollektiv und Implantatkollektiv sind in Abb. 8 ersichtlich.

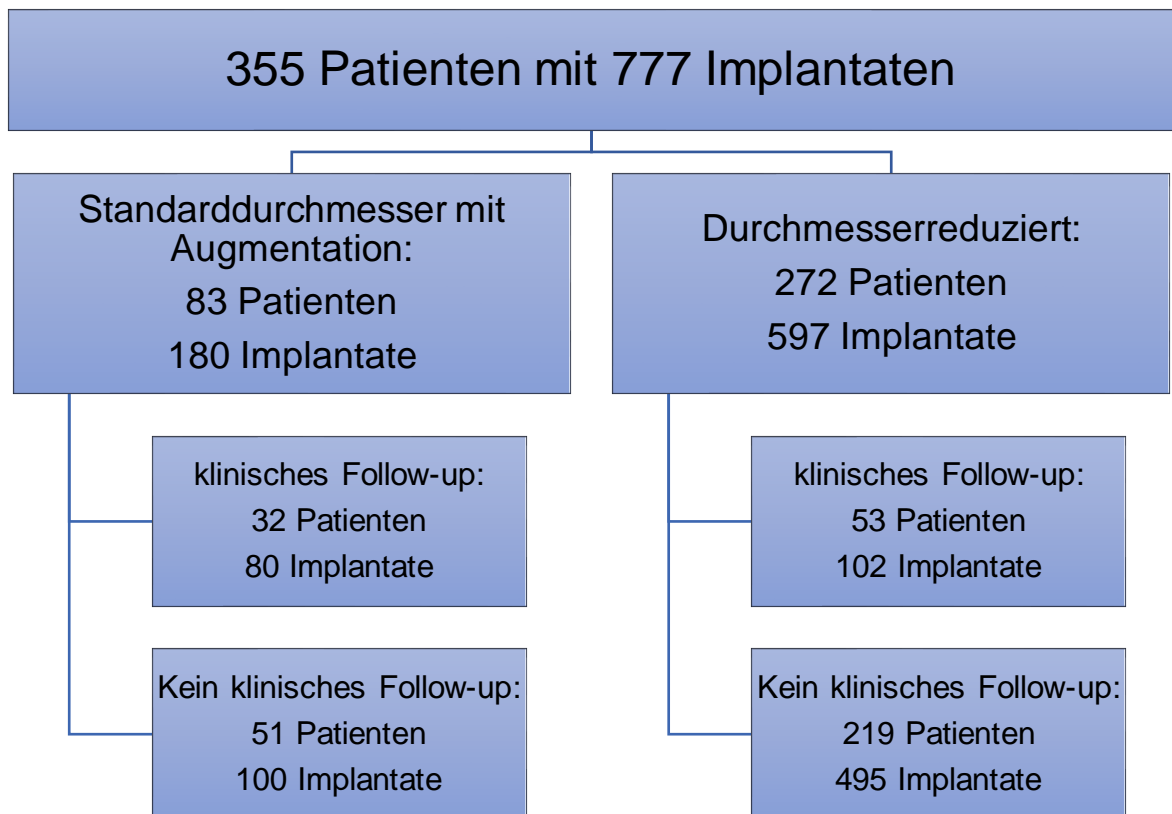


Abbildung 8: Patienten- und Implantatkollektiv

## 3.2 Patientenkollektiv

### 3.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Eingeschlossen wurden Patienten, welche im Zeitraum von 01.01.2003 und 31.12.2018 in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz ein oder mehrere Implantate mit 3,3 mm Durchmesser und/oder Implantate mit 4,1 mm Durchmesser in Kombination mit horizontaler Knochenaugmentation der Firma Straumann® erhalten haben.

Als Ausschlusskriterium wurden bei Implantaten mit 4,1 mm Durchmesser alle vertikalen Knochenaugmentationen definiert, während bei Implantaten mit 3,3 mm Durchmesser alle horizontalen Augmentationen ausgeschlossen wurden.

### 3.2.2 Geschlechterverteilung

Bei den durchmesserreduzierten Implantaten waren von 272 Patienten 119 männlich und 153 weiblich.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation waren von 83 Patienten 33 männlich und 50 weiblich.

Daraus ergibt sich eine Gesamtverteilung bei insgesamt 355 Patienten von 152 männlichen und 203 weiblichen Patienten.

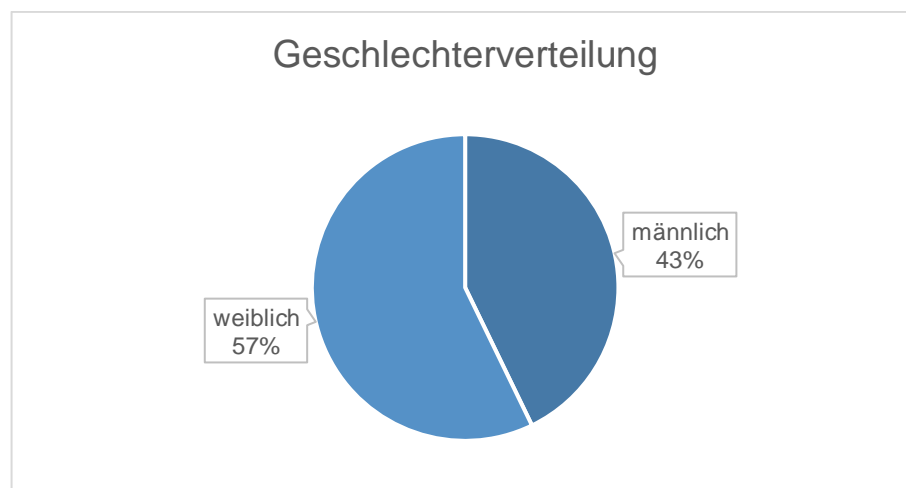


Abbildung 9: Geschlechterverteilung



### 3.2.3 Altersverteilung

Bei den durchmesserreduzierten Implantaten liegt die Altersverteilung zwischen 18 und 97 Jahren. Das durchschnittliche Alter betrug 64 Jahre.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation liegt die Altersverteilung zwischen 22 und 90 Jahren. Das durchschnittliche Alter betrug 60 Jahre.

### 3.2.4 Kiefer

Bei den durchmesserreduzierten Implantaten wurden von 597 Implantaten 328 im Oberkiefer (OK) und 269 im Unterkiefer (UK) inseriert.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation wurden von 180 Implantaten 102 im Oberkiefer und 78 im Unterkiefer inseriert.

Daraus ergibt sich eine Gesamtzahl von 777 Implantaten, wovon 430 im Oberkiefer und 347 im Unterkiefer eingesetzt wurden.

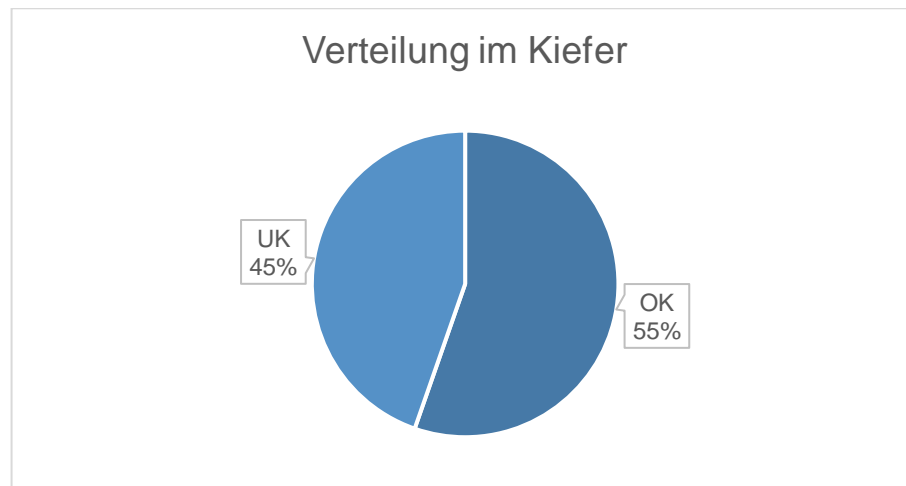


Abbildung 10: Verteilung der inserierten Implantate im Kiefer

### 3.2.5 Region

Für die genauere Lokalisation der Implantate wurden der Ober- und Unterkiefer jeweils in eine posteriore und anteriore Region gegliedert. Als Grenze wurde hierfür der Übergang vom Eckzahn zum ersten Prämolaren definiert. Bei den durchmesserreduzierten Implantaten wurden 159 Implantate im anterioren Oberkiefer (AMx), 169 im posterioren Oberkiefer (PMx), 100 im anterioren Unterkiefer (AMd) und 169 im posterioren Unterkiefer (PMd) inseriert.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation wurden 49 Implantate im anterioren Oberkiefer, 53 im posterioren Oberkiefer, 12 im anterioren Unterkiefer und 66 im posterioren Unterkiefer inseriert.

Daraus ergibt sich eine Gesamtverteilung von 208 Implantaten im anterioren Oberkiefer, 222 im posterioren Oberkiefer, 112 im anterioren Unterkiefer und 235 im posterioren Unterkiefer.

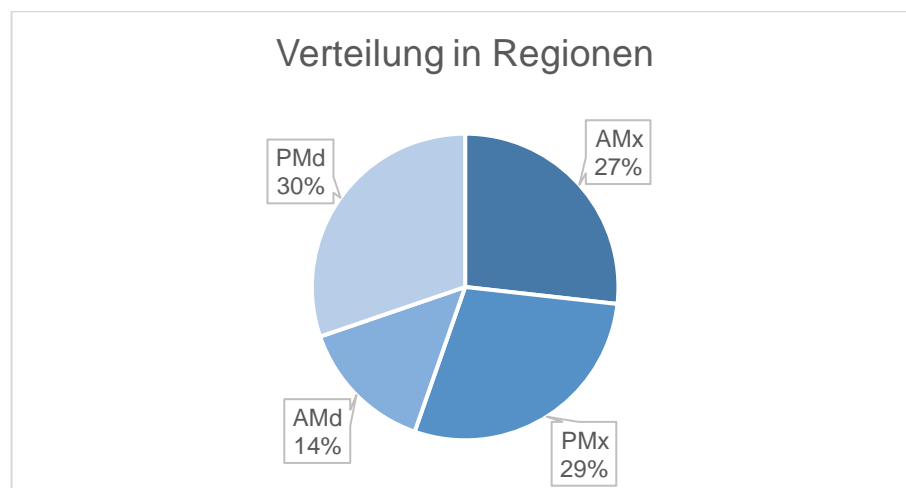


Abbildung 11: Verteilung der inserierten Implantate in definierten Regionen

### 3.2.6 Implantatlänge

Bei den durchmesserreduzierten Implantaten waren 99 Implantate 8 mm, 238 Implantate 10 mm, 224 Implantate 12 mm und 36 Implantate 14 mm lang.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation war 1 Implantat 6mm, 27 Implantate 8 mm, 73 Implantate 10 mm, 56 Implantate 12 mm, 19 Implantate 14 mm und 4 Implantate 16 mm lang.

Kumuliert war entsprechend 1 Implantat 6 mm, 126 Implantate 8 mm, 311 Implantate 10 mm, 280 Implantate 12 mm, 55 Implantate 14 mm und 4 Implantate 16 mm lang.

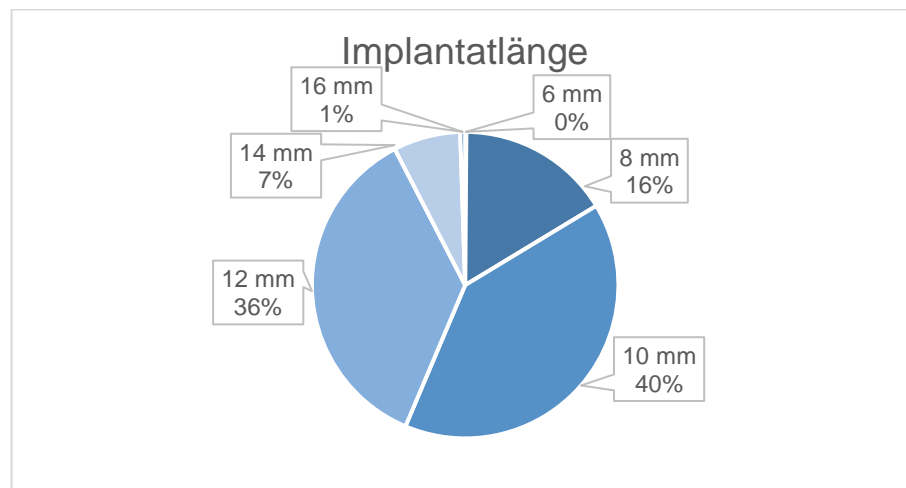


Abbildung 12: Implantatlänge

### 3.2.7 Implantatform

Von den untersuchten Implantaten waren bei den durchmesserreduzierten Implantaten insgesamt 145 Implantate auf Tissue Level (TL) und 452 Implantate auf Bone Level (BL).

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentationen waren insgesamt 49 Implantate auf Tissue Level und 131 Implantate auf Bone Level.

Daraus ergibt sich eine Gesamtanzahl von 194 Implantaten mit Tissue Level und 583 Implantaten mit Bone Level.

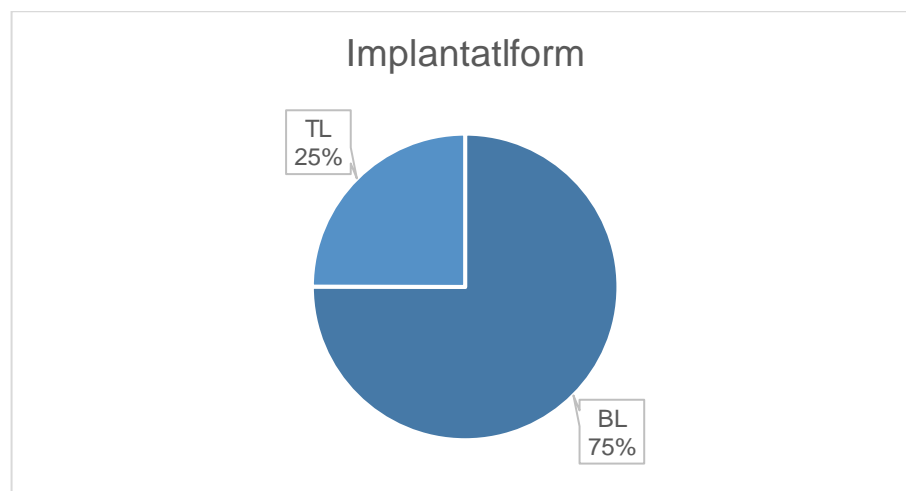


Abbildung 13: Implantatform

### 3.2.8 Augmentationsverfahren

Im Kollektiv der Standarddurchmesser-Implantate wurden verschiedene horizontale Augmentationstechniken verwendet, welche in Kapitel 2.5 „Augmentationsverfahren“ genauer beschrieben sind. Hierbei wurde bei 84 Implantaten unter Zuhilfenahme einer Membran augmentiert, bei 89 Implantaten wurde die Auflagerungsplastik als Augmentationsverfahren gewählt, dabei wurde in 47 Fällen die Block-Augmentation verwendet und in 42 Fällen partikulärer Knochen angelagert. In 7 Fällen wurde das Verfahren der Kieferkammspaltung verwendet.

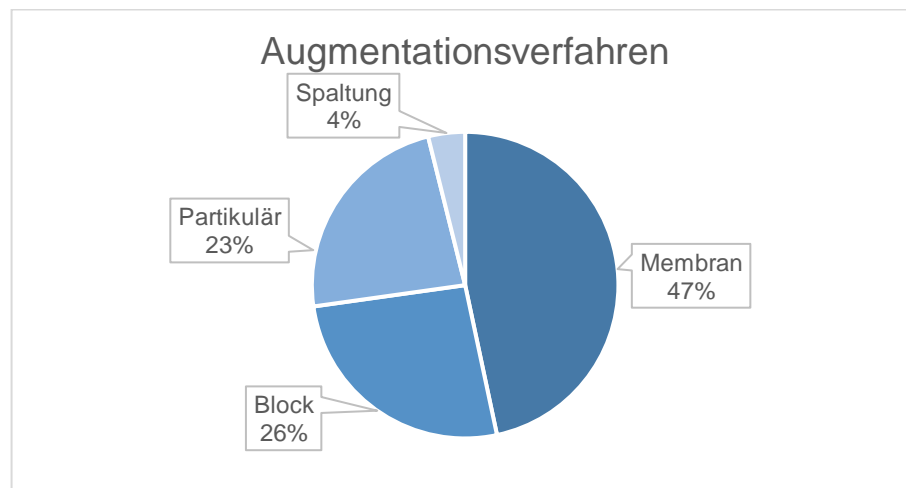


Abbildung 14: Augmentationsverfahren

### 3.3 Datenerhebung

Zur Bestimmung der Erfolgs- und Überlebensraten wurden im Rahmen der klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchungen verschiedene qualitative und quantitative Daten erhoben (1), die z. B. Buser et. al. anwandte und nachfolgend aufgeführt sind (9). Vorab wurden Informationen sowohl über die Patienten als auch über die Implantate aus SAP, VISIdent, impDAT und Sidexis gesammelt, um eine Datenbank zu erstellen.

#### 3.3.1 Lockerungsgrad

Die Stabilität des Implantats ist ein entscheidender Faktor für dessen Osseointegration (83) und klinisches Maß für die Verankerung des Implantats im Knochen (84). Bei der Bestimmung des Lockerungsgrads wird versucht, das Implantat in mesio-distaler und oro-vestibulärer Richtung zu bewegen und zu intrudieren. Es wird in vier Lockerungsgrade unterteilt:

- 0 = keine physiologische Beweglichkeit
- 1 = spürbare Beweglichkeit
- 2 = sichtbare Beweglichkeit < 2 mm
- 3 = Beweglichkeit auf Lippen- und Zungendruck (> 2 mm)

### 3.3.2 Sulkus-Blutungs-Index

Der Sulkus-Blutungs-Index gilt als eines der wichtigsten Zeichen für parodontale Erkrankungen und Periimplantitis (85). Greenstein et. al. stellten fest, dass Bleeding on Probing stark mit dem Grad der Entzündung der Gingiva zusammenhängt (86). Hierbei wird eine stumpfe Sonde vestibulär oder oral an der Gingiva unter leichtem Druck in den Sulkus eingeführt und anschließend in Richtung der Interdentalpapillen ausgestrichen. Nach ca. 30 Sekunden erfolgt die Bewertung nach Saxer & Mühlemann (87):

0 = keine Blutung

1 = Blutungspunkt

2 = mehrere isolierte Blutungspunkte

3 = interdentes Dreieck mit Blut ausgefüllt

4 = übermäßige Blutung

### 3.3.3 Taschentiefe

Die Messung der Taschentiefe, auch Sulkustiefe genannt, wird häufig mit dem Sulkus-Blutungs-Index in Verbindung gebracht (88). Hierbei stellt eine erhöhte Taschentiefe eine größere Gefahr für einen erhöhten Sulkus-Blutungs-Index dar. Zur Ermittlung der Taschentiefen wird der Abstand vom marginalen Gingivasaum bis zum Punkt des ersten Widerstandes an vier verschiedenen Punkten (mesial, distal, oral, vestibulär) gemessen.

Die Taschentiefe liegt durchschnittlich bei 1,5-2 mm (89).

### 3.3.4 Modifizierter Plaque-Index

Mittels des modifizierten Plaque-Index kann die allgemeine Mundhygiene der Patienten qualitativ beschrieben werden (90). Dabei wird die Plaque-Akkumulation rund um das Implantat und der Suprakonstruktion beurteilt.

Der modifizierte Plaque-Index wird nach Mombelli et. al. eingeteilt in (91):

0 = keine Plaque

1 = nur durch abstreifen erkennbare Plaque

2 = sichtbare Plaque

3 = massive Plaque

### 3.3.5 Systemische Erkrankungen

Schiegnitz und Kämmerer beschrieben 2012 die wichtigsten systemischen Erkrankungen und deren Bedeutung für die Implantattherapie (92).

Im Rahmen dieser Dissertation wurden ein Teil ermittelt und berücksichtigt.

Diese sind:

- Diabetes Mellitus
- Rauchen
- Osteoporose
- Radiotherapie



### 3.3.6 Röntgenologischer Knochenabbau

Neben den klinischen Parametern ist zudem eine röntgenologische Bewertung des Implantats erforderlich, um den marginalen Knochenabbau beurteilen zu können (93, 94).

Dieses Verfahren ist jedoch begrenzt aussagekräftig, da ein dreidimensionales Implantat auf ein zweidimensionales Bild projiziert wird. Hierdurch entstehen Detailungenauigkeiten, wodurch Fehler in dessen Interpretation folgen können (95).

Im Rahmen dieser Dissertation wurde als bildgebendes Verfahren die Panoramaschichtaufnahme gewählt. Dieses bildgebende Verfahren gilt als gut reproduzierbar und sehr einfach in der Anwendung. Daher wird es für Routinefälle empfohlen (95, 96). Dennoch gelten die intraorale Aufnahme und die Computertomographie als hochwertiger in der Bildgebung (95, 96).

Aufgrund der bekannten Längen und Durchmesser der einzelnen Implantate, war es möglich die aufgetretenen Verzerrungsfehler in der Bildgebung zu korrigieren. Dadurch konnten bessere röntgenologische Messungen bezüglich des Knochenabbaus durchgeführt werden.

Um den Knochenabbau bestimmen zu können, wurde das Implantationsröntgenbild mit dem klinischen Follow-up oder dem letzten aktuellen Röntgenbild verglichen und anschließend der Knochenabbau in Millimeter angegeben.

### 3.3.7 Erfolgskriterien

Wie bereits in Kapitel 2.7 „Erfolgskriterien“ beschrieben, bedarf es bestimmter Kriterien, um ein Implantat als Erfolg bzw. Misserfolg zu deklarieren.

Hierfür haben verschiedene Autoren unterschiedliche Erfolgskriterien definiert.

Erfolgskriterien nach Buser et. al. (9):

- Abwesenheit von persistierenden, subjektiven Beschwerden (bspw. Schmerz oder Fremdkörpergefühl)
- Abwesenheit von Periimplantitis mit Eiterbildung
- Abwesenheit von Mobilität
- Abwesenheit von Radiotransluzenzen um das Implantat herum
- Möglichkeit zur Anbringung einer Restauration

Erfolgskriterien nach Albrektsson et. al. (10):

- Das Implantat ist in situ
- Unverblocktes Implantat muss klinisch fest sein
- Röntgenologisch keine periimplantären Transluzenzen
- Vertikaler Knochenabbau  $< 0,2$  mm/Jahr nach dem 1. Jahr
- Keine Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzung des Mandibularkanals

Erfolgskriterien nach Jahn und d'Hoedt (11):

- Das Implantat ist in situ
- Sulkustiefen (4-Punkt-Messung) darf nicht mehr als 4 mm in zwei aufeinanderfolgenden Kontrollen betragen
- Lockerungsgrad nicht höher als 1
- Röntgenologisch kein zweiseitiger durchgehender Spalt größer 0,5 mm
- Röntgenologisch darf der Knochendefekt mesial und distal nicht mehr als 3/10 des Implantatkörpers betragen

- Subjektive Bewertung des Implantats darf nach deutschen Schulnoten eine Note 3 nicht übersteigen

Erfolgskriterien nach dem National Institute of Health (NIH) (81):

- Das Implantat ist in situ
- Mobilität des Implantats  $< 1$  mm
- Röntgenologische periimplantäre Transluzenz weniger als  $1/3$  der Implantatlänge
- Keine Infektion, keine Verletzung benachbarter Zähne, Par- oder Anästhesien und keine Verletzung der Kiefer- und Nasenhöhle oder des Mandibularkanals

Erfolgskriterien nach Naert (80, 82):

- Das Implantat ist in situ
- Periostwerte kleiner + 8
- Keine periimplantären Radiotransluzenzen
- Keine Implantatinduzierten Schmerzen, Infektion, Par- und Anästhesien
- Keine Implantatfraktur
- Implantat muss prothetisch verwendbar sein

Die Erfolgskriterien nach Naert wurden im Rahmen dieser Dissertation nicht untersucht, da keine Periostwerte ermittelt wurden.

### 3.4 Fragebögen

Da neben dem medizinischen Erfolg auch das subjektive Empfinden des Patienten sehr relevant ist, erhielt jeder Patient zusätzlich zwei Fragebögen. Hierbei handelte es sich um einen selbsterstellten Fragebogen und den Oral Health Impact Profile – German Version (OHIP-G14) Bogen.

Mit Hilfe dieser Bögen sollte herausgefunden werden, wie zufrieden die Patienten mit ihren Implantaten waren und welche Auswirkungen die Implantate auf ihre Lebensqualität hatten.

In Kapitel 10 sind beide Bögen genauer ersichtlich.

#### OHIP-G 14 – Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität –

Bitte prüfen Sie für jede der folgenden Aussagen, wie sehr die beschriebene Situation für Sie persönlich zutrifft. Kreuzen Sie bitte für jede Aussage eine Zahl an.


Hatten Sie im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen? .....	4	3	2	1	0
das Gefühl, Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt? .....	4	3	2	1	0
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war? .....	4	3	2	1	0
Schwierigkeiten zu entspannen? .....	4	3	2	1	0

Ist es im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz vorgekommen, ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
dass Sie sich angespannt gefühlt haben? .....	4	3	2	1	0
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten? .....	4	3	2	1	0
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen? .....	4	3	2	1	0
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind? .....	4	3	2	1	0
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen? .....	4	3	2	1	0
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun? .....	4	3	2	1	0
dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben? .....	4	3	2	1	0
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist? .....	4	3	2	1	0

Hatten Sie im vergangenen Monat ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
Schmerzen im Mundbereich? .....	4	3	2	1	0
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz? .....	4	3	2	1	0

**Vielen Dank!**

© Gestaltung: IDZ, 2005



Fragebogen

Fat. N.: - Au/Kieber

Patient: \_\_\_\_\_  
Name Vorname Geburtsdatum

Anschrift: \_\_\_\_\_  
Straße Ort PLZ

Telefon: \_\_\_\_\_  
Privat Mobil

Allgemeinerkrankungen: Diabetes:  Ja  Nein  
 Bestrahlung:  Ja  Nein  
 Osteoporose:  Ja  Nein  
 Raucher:  Ja  Nein  
 (wenn ja, wie viele Packungen pro Tag und seit wann Rauchen Sie?) \_\_\_\_\_

Infektionskrankheiten (z.B. HIV, Tuberkulose usw.): \_\_\_\_\_

Sonstige: \_\_\_\_\_

Fragen:

1. Waren Sie Regelmäßig zur Nachkontrolle? \_\_\_\_\_
2. Würden Sie nochmal hier ein Implantat Setzen lassen? \_\_\_\_\_
3. Wie viele Implantate haben Sie insgesamt bekommen und verloren? \_\_\_\_\_
4. Auf einer Skala von 1-10 (10 = höchstes; 1 = niedrigstes)  
 Wie bewerten Sie selbst Ihr Implantat? \_\_\_\_\_  
 Wie bewerten Sie die Operation? \_\_\_\_\_  
 Wie bewerten Sie die prothetische Versorgung? \_\_\_\_\_  
 Wie stark belasten Sie Ihr Implantat? \_\_\_\_\_  
 Wie gut ist Ihre Mundhygiene? \_\_\_\_\_

Datum; Unterschrift Patient

Erstellt im Rahmen einer Dissertation  
 von: Philipp Hellwich  
 Am: 30.01.2019  
 Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten  
 Klinik und Poliklinik für Mund-, Kopf- und Gesichtschirurgie

Abbildung 15: OHIP-G14 Fragebogen und selbsterstellter Fragebogen

### 3.4.1 OHIP-G14

Der Oral Health Impact Profile (OHIP) Fragebogen ist ein von Slade GD. und Spencer 1994 entwickelter Fragebogen zur Messung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität. Dieser umfasst 49 Fragen, welche in sieben Kategorien eingestuft werden können (97):

- Funktionelle Einschränkung
- Physikalischer Schmerz
- Psychisches Unbehagen
- Psychische Beeinträchtigung
- Psychische Behinderung
- Soziale Beeinträchtigung
- Behinderung

Die Übersetzung ins Deutsche ist der OHIP-G. Dieser wurde in Originalversion und Kurzversionen übersetzt. Im Rahmen dieser Dissertation wurde die Kurzversion OHIP-G14 gewählt, da diese Form die wesentlichen Fragen beinhaltet und für den Patienten keinen hohen Zeitaufwand darstellt.

Die deutsche Kurzversion OHIP-G14 umfasst 14 Fragen, welche im Wesentlichen vier Kategorien betrachtet (98):

- Psychosoziale Auswirkung
- Orofazialer Schmerz
- Orale Funktion
- Erscheinung

John et. al. beschrieben den OHIP-G14 als gutes Instrument zur Bestimmung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität (99). Sie behaupteten, dass durch die OHIP-Bögen eine gute Einschätzung des Behandlungserfolges möglich sei.

### 3.4.2 Selbsterstellter Fragebogen

Da durch den OHIP-G14 nicht alle erforderlichen Patienteninformationen erhoben werden konnten, wurde ein zusätzlicher Fragebogen erstellt.

Dieser beinhaltet die wichtigsten Grunderkrankungen, welche bereits Schiegnitz und Kämmerer als Faktoren für den Erfolg der Implantate klassifizierten (92).

Des Weiteren wurden Fragen bezüglich der Zufriedenheit der Patienten auf einer Skala von 1 - 10 (10 = am höchsten; 1 = am niedrigsten) ermittelt, um das subjektive Empfinden der Patienten zu erfassen.

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie beziehen sich auf ein Kollektiv von 355 Patienten mit insgesamt 777 Implantaten. 272 Patienten mit insgesamt 597 Implantaten gehören der durchmesserreduzierten Implantatgruppe an und 83 Patienten mit 180 Implantaten zählen zur Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation.

### 4.1 Implantatüberleben

Im Folgenden werden die Ergebnisse der durchmesserreduzierten Implantatgruppe und der Standarddurchmesser-Implantatgruppe beschrieben und miteinander verglichen.

Im Zeitraum vom 01.01.2003 und dem 31.12.2018 traten bei den durchmesserreduzierten Implantaten (n = 597) insgesamt 23 Ereignisse auf. Daraus ergibt sich nach Kaplan-Meier eine kumulative Überlebensrate von 96,1%. Die durchschnittliche Liegedauer betrug 37,4 Monate  $\pm$  40,4 Monate. Die längste Liegedauer betrug 186 Monate.

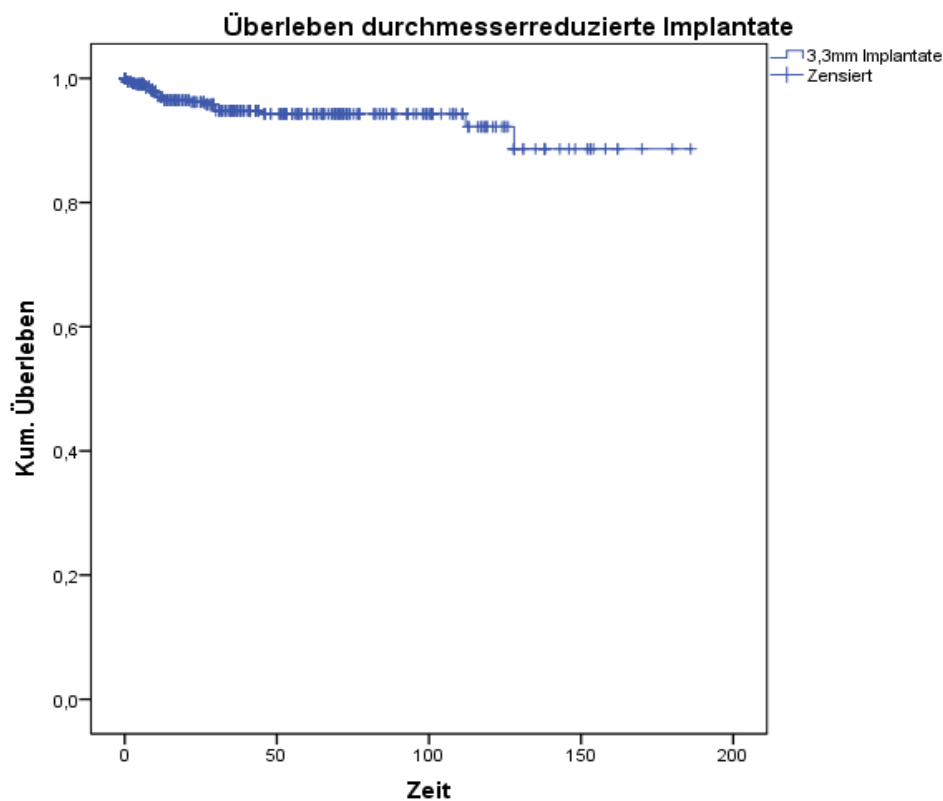


Abbildung 16: Überlebensrate durchmesserreduzierter Implantate

Bei Standarddurchmesser-Implantaten ( $n = 180$ ) traten im Zeitraum vom 01.01.2003 und dem 31.12.2018 insgesamt acht Ereignisse auf. Daraus ergibt sich nach Kaplan-Meyer eine kumulative Überlebensrate von 95,6%. Die durchschnittliche Liegedauer betrug  $42,4 \text{ Monate} \pm 49,2 \text{ Monate}$ . Die längste Liegedauer betrug 194 Monate.

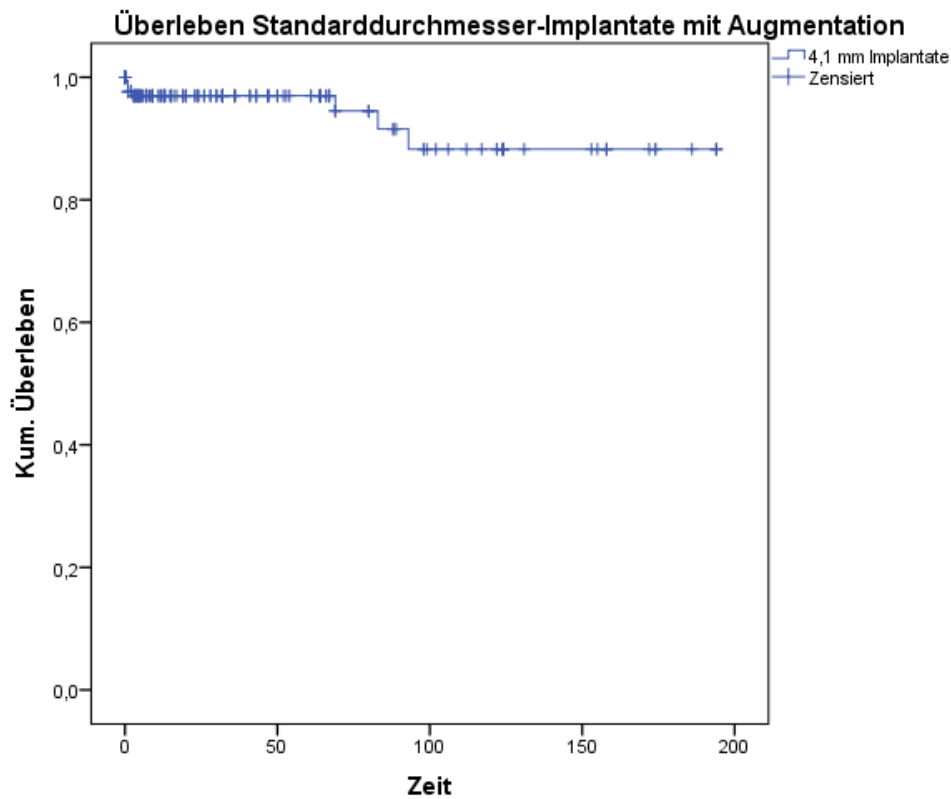


Abbildung 17: Überlebensrate Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation



Die kumulierten 5-Jahres und 10-Jahres Überlebensraten ergaben für die durchmesserreduzierte Gruppe 94,3% und 92,2% und für die Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation 97,0% und 88,3%.

Im direkten Vergleich beider Implantatgruppen zeigen die Überlebensraten keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p = 0,855$ ; Hazard Ratio abgeglichen für das Geschlecht und Alter:  $p = 0,87$ ; CI: 0,48 - 2,41).

Zudem wurde ein Cox-Modell erstellt, um eine Zusammenlagerung mehrerer Implantate pro Patienten herstellen zu können, abgeglichen für das Geschlecht und Alter. Die Cox-Regression favorisiert die durchmesserreduzierte Implantat-Gruppe (Hazard Ratio abgeglichen für Geschlecht und Alter: HR 0,93, 95% CI: 0.32 – 2.69).

Vergleich des Überlebens zwischen durchmesserreduzierten Implantaten und Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation

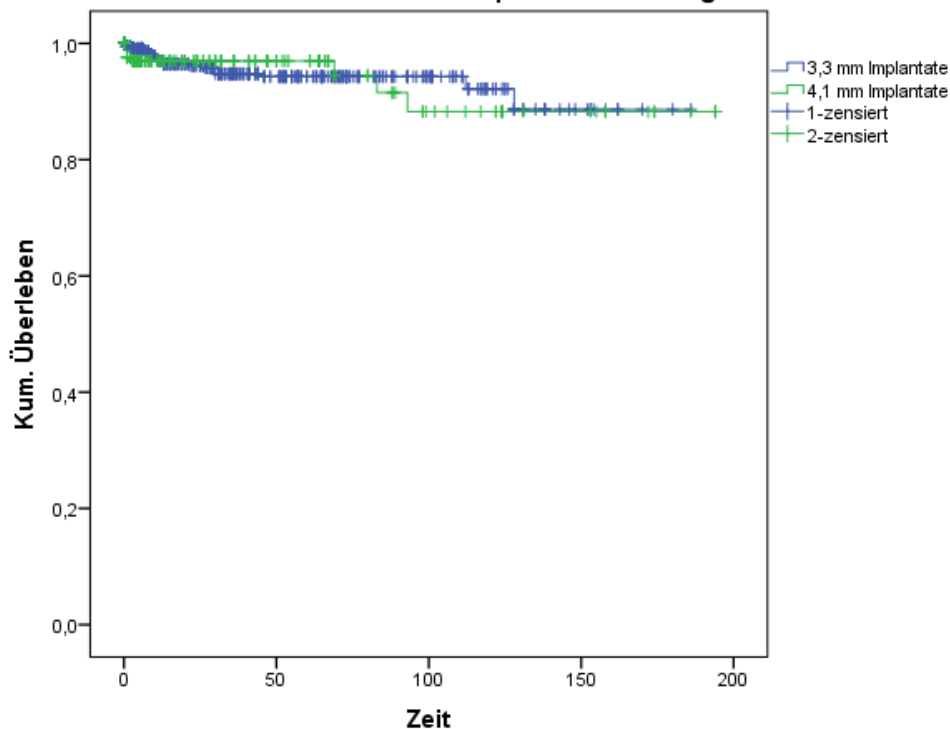


Abbildung 18: Vergleich der Überlebensraten von durchmesserreduzierten und Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation

## 4.2 Einfluss verschiedener Parameter auf das Überleben

### 4.2.1 Geschlecht

In der durchmesserreduzierten Implantatgruppe wurden von insgesamt 597 ( $n = 597$ ) Implantaten 358 Implantate (60%) bei Frauen und 239 Implantate (40%) bei Männern inseriert. Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation wurden von insgesamt 180 ( $n = 180$ ) Implantaten 106 Implantate (58,9%) bei Frauen und 74 Implantate (41,1%) bei Männern inseriert.

Die Überlebensraten bei Frauen ergaben in der durchmesserreduzierten Implantatgruppe 95,0%. Bei der Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation lag das Ergebnis bei 95,3%. Bei Männern betrug die Überlebensrate der durchmesserreduzierten Implantate 97,9% und bei Standarddurchmesser-Implantaten 95,9%.

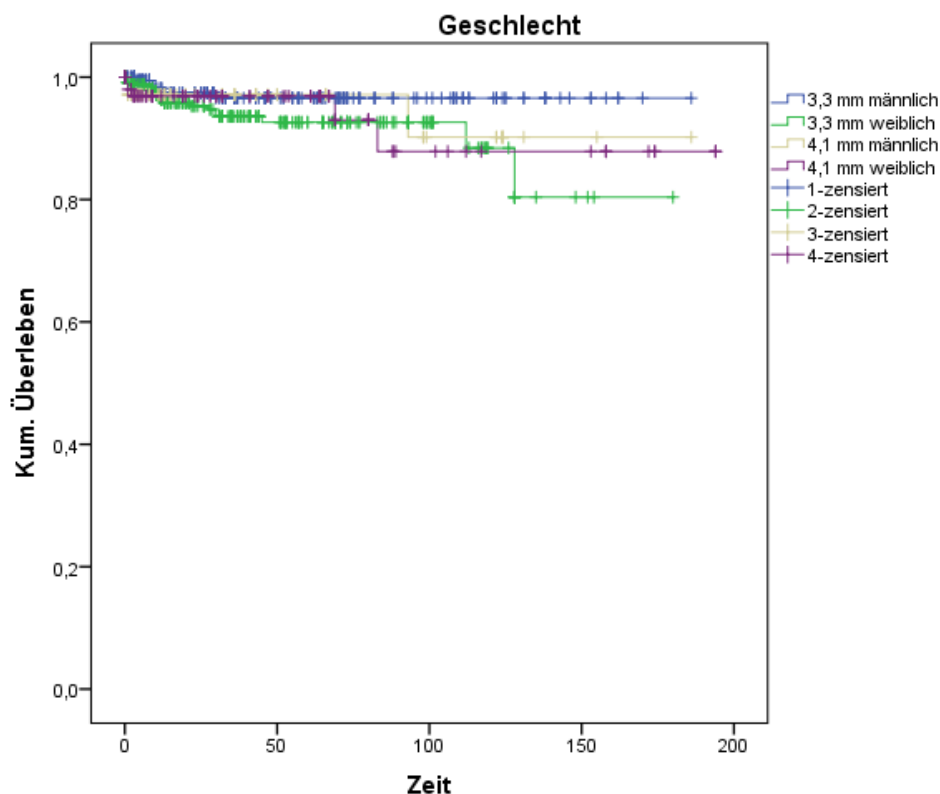


Abbildung 19: Überlebensraten im Bezug zum Geschlecht

#### 4.2.2 Region

Von 597 Implantaten ( $n = 597$ ) wurden im Kollektiv der durmesserreduzierten Implantate 159 im anterioren Oberkiefer (26,6%), 166 im posterioren Oberkiefer (27,8%), 100 im anterioren Unterkiefer (16,8%) und 172 im posterioren Unterkiefer (28,8%) inseriert.

Beim Kollektiv der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation wurden von 180 Implantaten ( $n = 180$ ) 48 im anterioren Oberkiefer (26,7%), 54 im posterioren Oberkiefer (30%), 13 im anterioren Unterkiefer (7,2%) und 65 im posterioren Unterkiefer (36,1%) inseriert.

Die Überlebensraten der durmesserreduzierten Implantate betragen im anterioren Oberkiefer 96,2%, im posterioren Oberkiefer 96,4%, im anterioren Unterkiefer 96,0% und im posterioren Unterkiefer 95,9%.

Für die Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation ergaben sich Überlebensraten für den anterioren Oberkiefer von 91,7%, für den posterioren Oberkiefer von 98,1%, für den anterioren Unterkiefer von 100% und für den posterioren von Unterkiefer 95,4%.

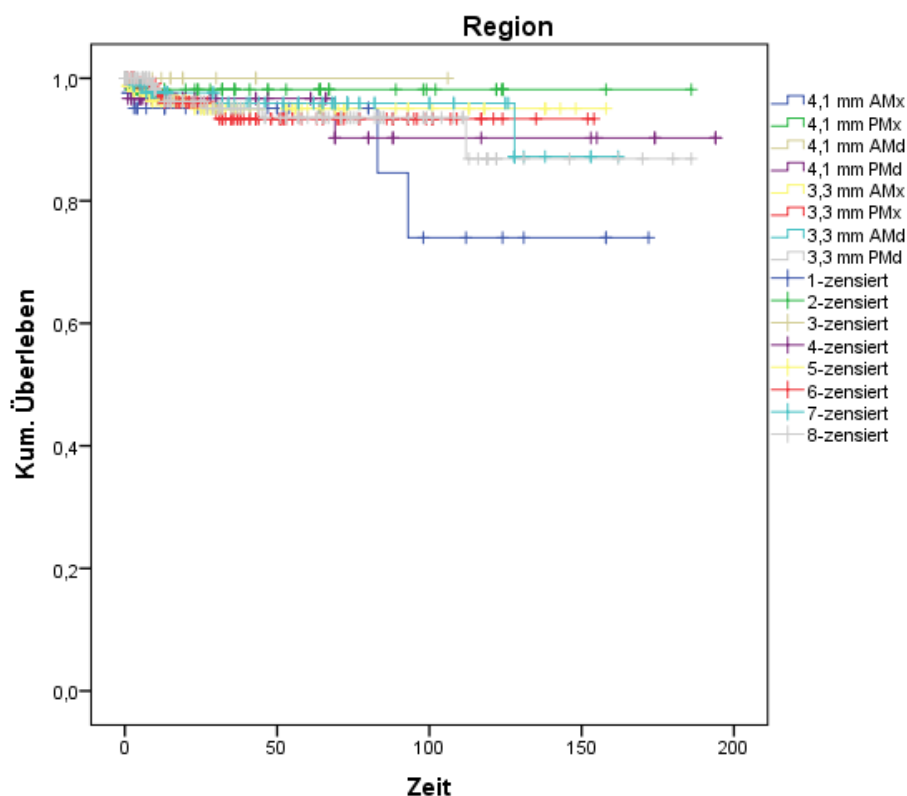


Abbildung 20: Überlebensraten im Bezug zur Region

### 4.2.3 Implantatform

Bei durchmesserreduzierten Implantaten waren von 597 Implantaten ( $n = 597$ ) 452 Bone Level Implantate (75,7%) und 145 Tissue Level Implantate (24,3%).

Bei Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation waren von 180 Implantaten ( $n = 180$ ) 131 Bone Level Implantate (72,8%) und 49 Tissue Level Implantate (27,2%).

Nach Kaplan Meier ergaben sich bei durchmesserreduzierten Bone Level Implantaten Überlebensraten von 95,8% und bei durchmesserreduzierten Tissue Level Implantaten von 97,2% (Log-Rank-Test  $p = 0,12$ ).

Bei Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation ergaben sich Überlebensraten in der Gruppe der Bone Level Implantate von 95,4% und in der Gruppe der Tissue Level Implantate von 95,9% (Log-Rank-Test  $p = 0,74$ ).

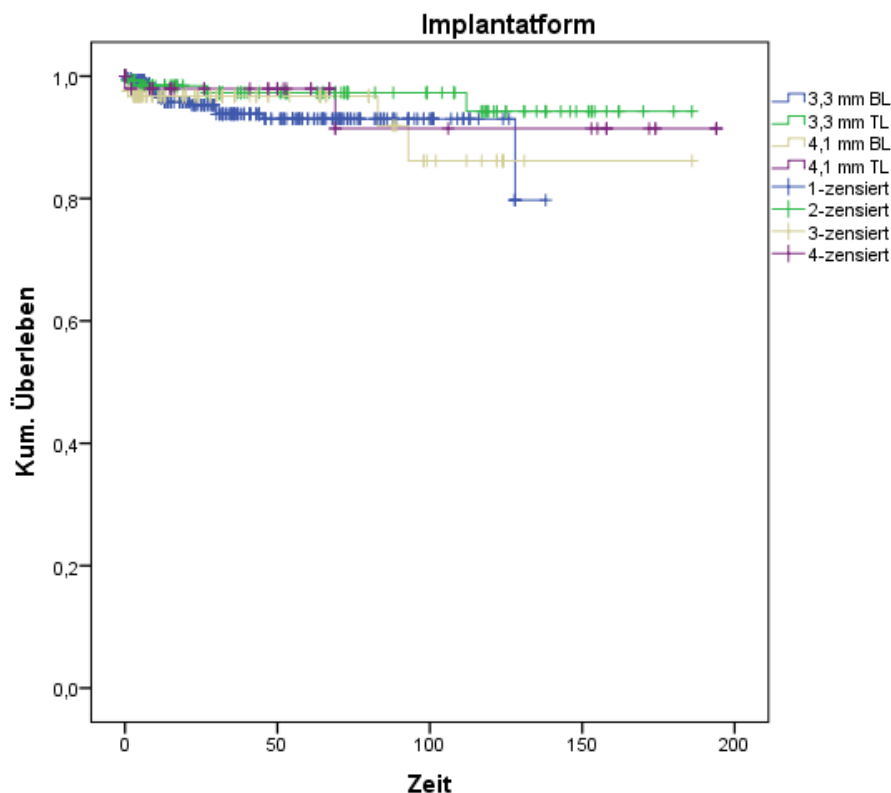


Abbildung 21: Überlebensraten im Bezug zur Implantatform

### 4.3 Ergebnisse der klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchung

#### 4.3.1 Lockerungsgrad

100% der Implantate wiesen in beiden Kollektiven in dieser Studie einen Lockerungsgrad von 0 auf.

#### 4.3.2 Sulkus-Blutungs-Index

In der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate konnte bei 85 Implantaten (83,3%) ein Sulkus-Blutungs-Index von 0 dokumentiert werden. 5 Implantate (4,9%) wiesen einen Wert von 1 auf und 12 Implantate (11,8%) einen Wert von 2. Daraus ergibt sich durchschnittlich ein Sulkus-Blutungs-Index von  $0,3 \pm 0,7$ .

In der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation wurde bei 67 Implantaten (83,8%) ein Sulkus-Blutungs-Index von 0 ermittelt. 9 Implantate (11,2%) wiesen einen Wert von 1 auf und 4 Implantate (5%) einen Wert von 2. Somit beträgt hier der durchschnittliche Sulkus-Blutungs-Index  $0,2 \pm 0,5$ .

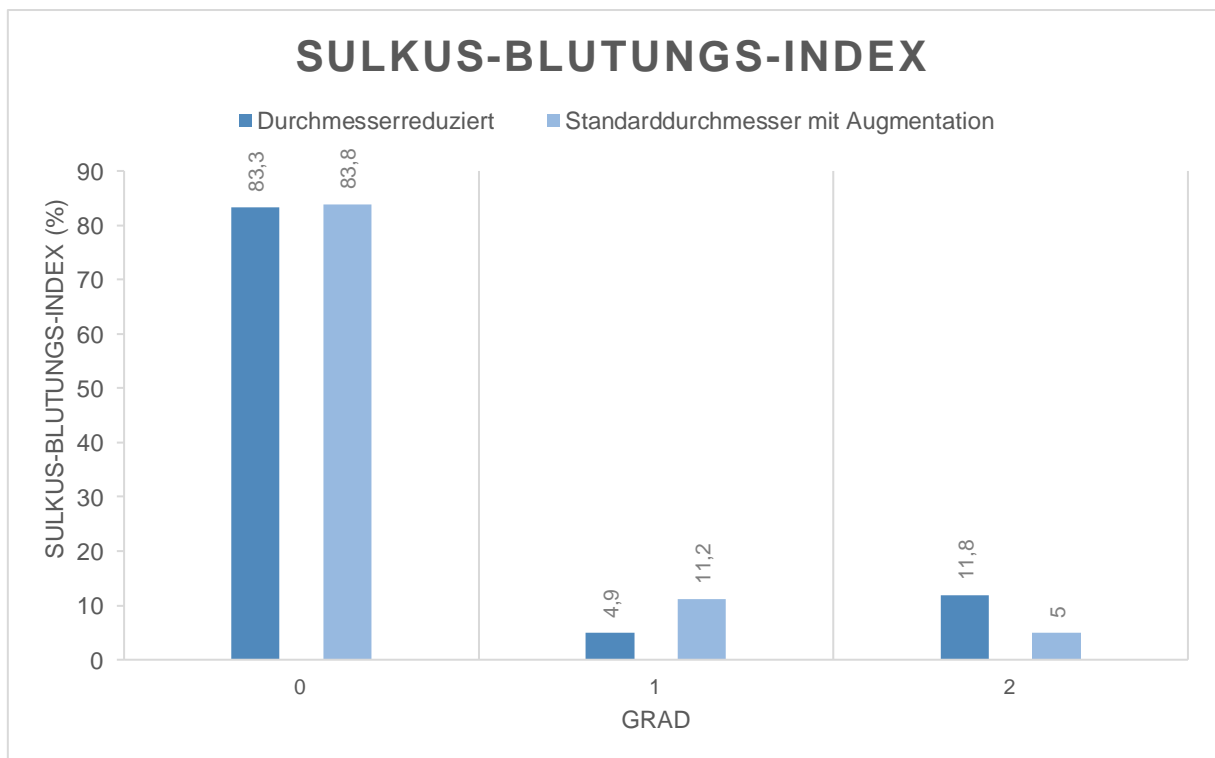


Abbildung 22: Sulkus-Blutungs-Index in Prozent

### 4.3.3 Taschentiefe

Bei der 4-Punkt-Taschentiefen-Messung lagen in der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate die Tiefen im Mittel vestibulär bei  $2,2 \pm 0,6$  mm, oral bei  $2,1 \pm 0,4$  mm, mesial bei  $2,3 \pm 0,8$  mm und distal bei  $2,4 \pm 0,7$  mm ( $n = 102$ ). Kumuliert ergibt dies einen Mittelwert von  $2,3 \pm 0,6$  mm. Die minimale Taschentiefe betrug 1 mm und die maximale Taschentiefe 6 mm.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten lagen die Tiefen im Mittel vestibulär bei  $2,0 \pm 0,5$  mm, oral bei  $2,0 \pm 0,5$  mm, mesial bei  $2,2 \pm 0,7$  mm und distal bei  $2,1 \pm 0,6$  mm ( $n = 80$ ). In der Gesamtheit beträgt der Mittelwert  $2,1 \pm 0,6$  mm.

Hierbei betrug die geringste Taschentiefe 1 mm und die höchste 4 mm.

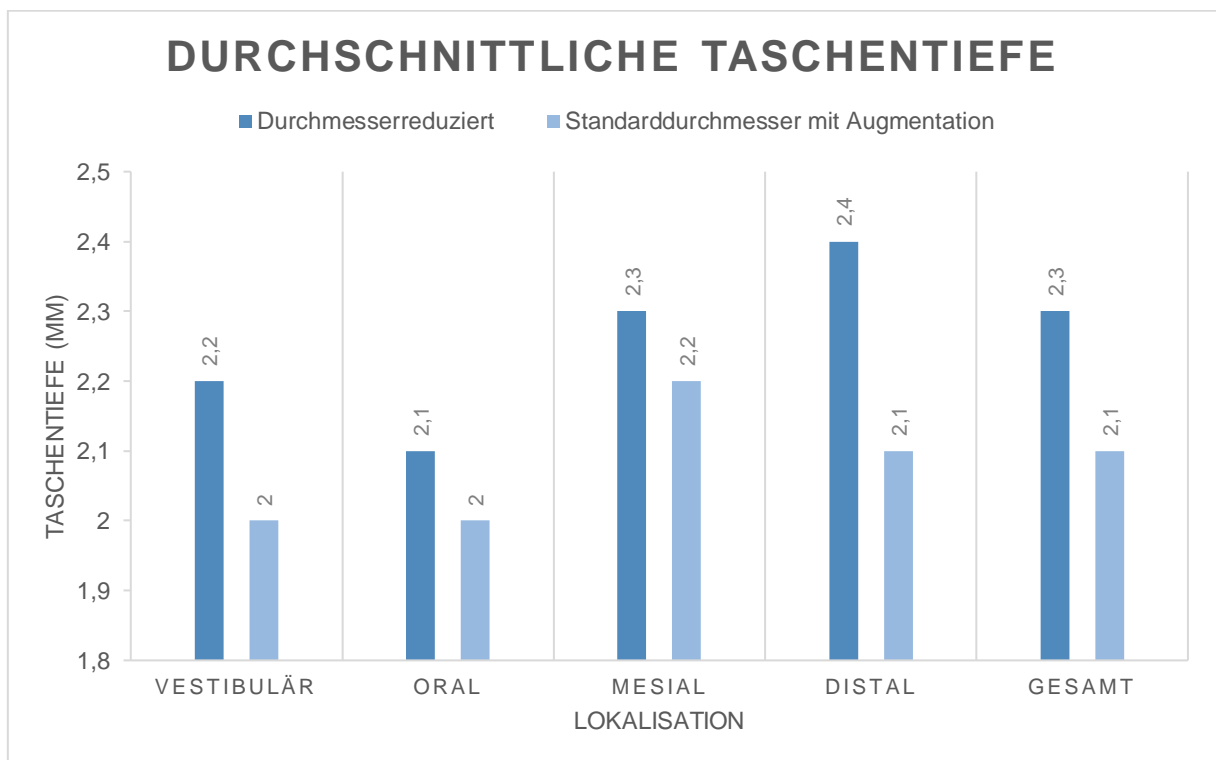


Abbildung 23: Durchschnittliche Taschentiefen in mm

#### 4.3.4 Modifizierter Plaque-Index

In der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate lag der modifizierte Plaque-Index in 73 Fällen (71,6%) bei 0. Bei 12 Implantaten (11,7%) wurde der Index von 1 ermittelt und 17 Implantate (16,7%) erreichten einen Index von 2. Daraus folgt ein durchschnittlicher modifizierter Plaque-Index von  $0,5 \pm 0,8$ .

In der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation wurde bei 68 Patienten (85%) ein Index von 0 dokumentiert. 4 Implantate (5%) wiesen einen Wert von 1 auf und in 8 Fällen (10%) wurde ein Index von 2 erreicht. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Index von  $0,3 \pm 0,6$ .

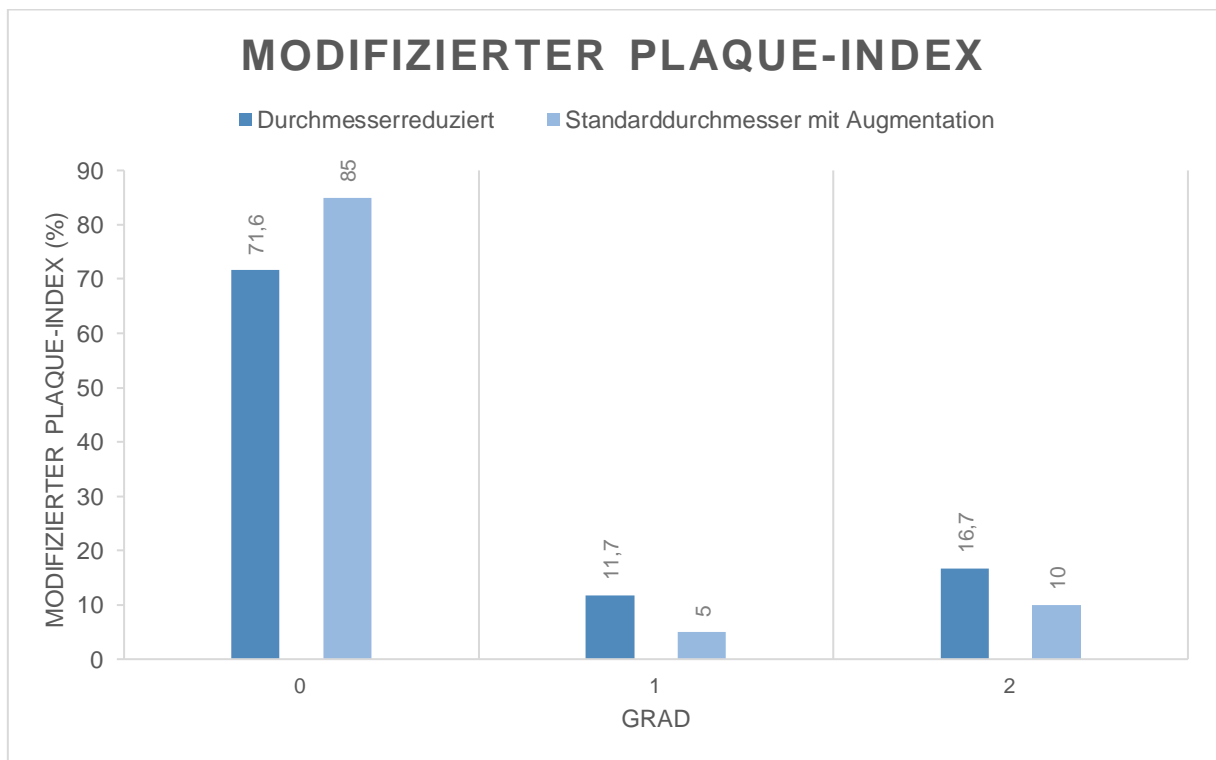


Abbildung 24: Modifizierter Plaque-Index in Prozent

### 4.3.5 Systemische Erkrankungen

Von den klinisch nachuntersuchten Patienten (n = 53) wiesen im durchmesserreduzierten Implantatkollektiv keine Patienten (0%) eine Diabetes mellitus auf. 5 Patienten (9,4%) hatten eine vorangegangene Radiotherapie im Kopf-Hals-bereich. 6 Patienten (11,3%) erkrankten vorab an einer Osteoporose und 4 Patienten (7,5%) waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen Raucher/in.

Bei den klinisch nachuntersuchten Patienten des Standarddurchmesser-Implantatkollektivs (n = 32) litten 2 Patienten (6,3%) an einer Diabetes mellitus. Ein Patient (3,1%) wurde im Kopf-Hals-Bereich bestrahlt. Ein weiterer Patient (3,1%) erkrankte vorab an Osteoporose und 3 Patienten (9,4%) waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen Raucher/in.

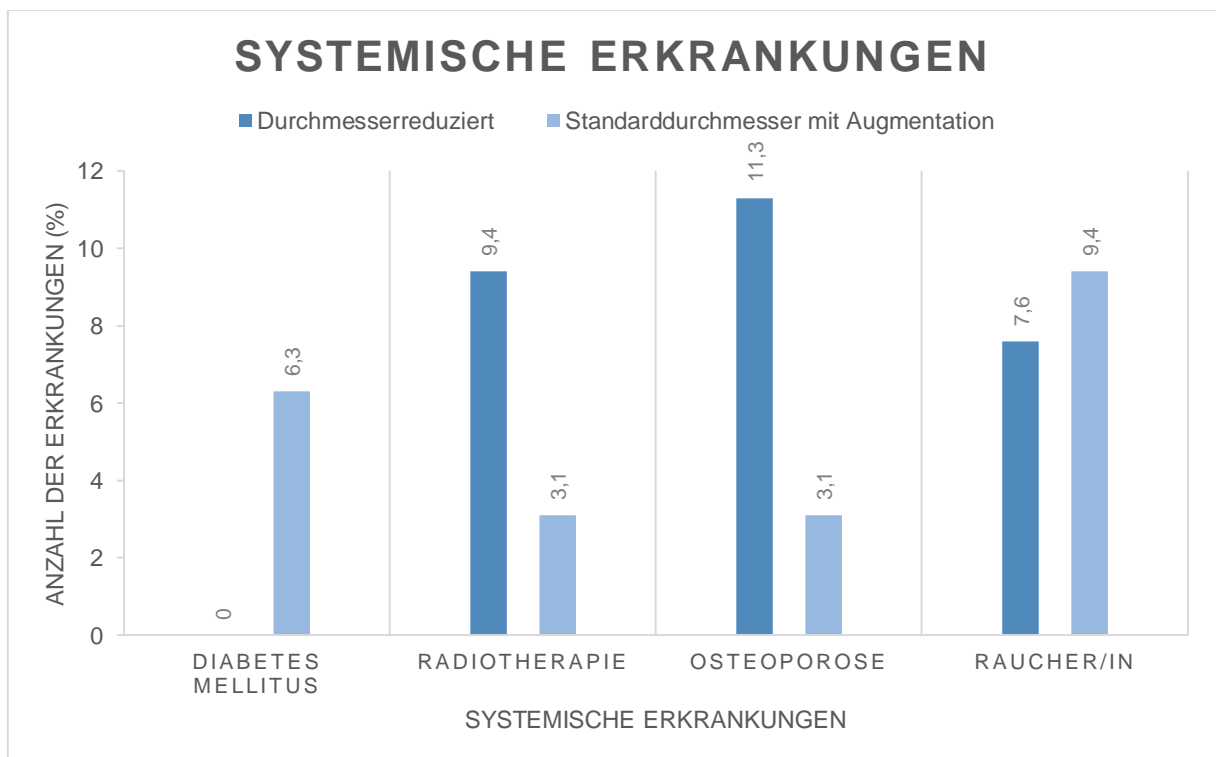


Abbildung 25: Systemische Erkrankungen in Prozent



#### 4.3.6 Röntgenologischer Knochenverlust

Bei durchmesserreduzierten Implantaten lag der durchschnittliche röntgenologische Knochenverlust mesial bei  $0,3 \pm 0,8$  mm und distal bei  $0,4 \pm 0,9$  mm ( $n = 102$ ). Daraus folgt ein durchschnittlicher Gesamtknochenverlust von  $0,3 \pm 0,8$  mm. Der höchste gemessene Knochenverlust betrug 5,2 mm und der geringste 0 mm. Im Verhältnis hierzu betrug der röntgenologische Knochenverlust bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation mesial im Mittel  $0,5 \pm 1,2$  mm und distal  $0,5 \pm 1,2$  mm ( $n = 80$ ). Kombiniert ergibt sich daraus ein Durchschnitt von  $0,5 \pm 1,2$  mm. Hier ergab der höchste gemessene Knochenverlust 6,3 mm und der geringste 0 mm.

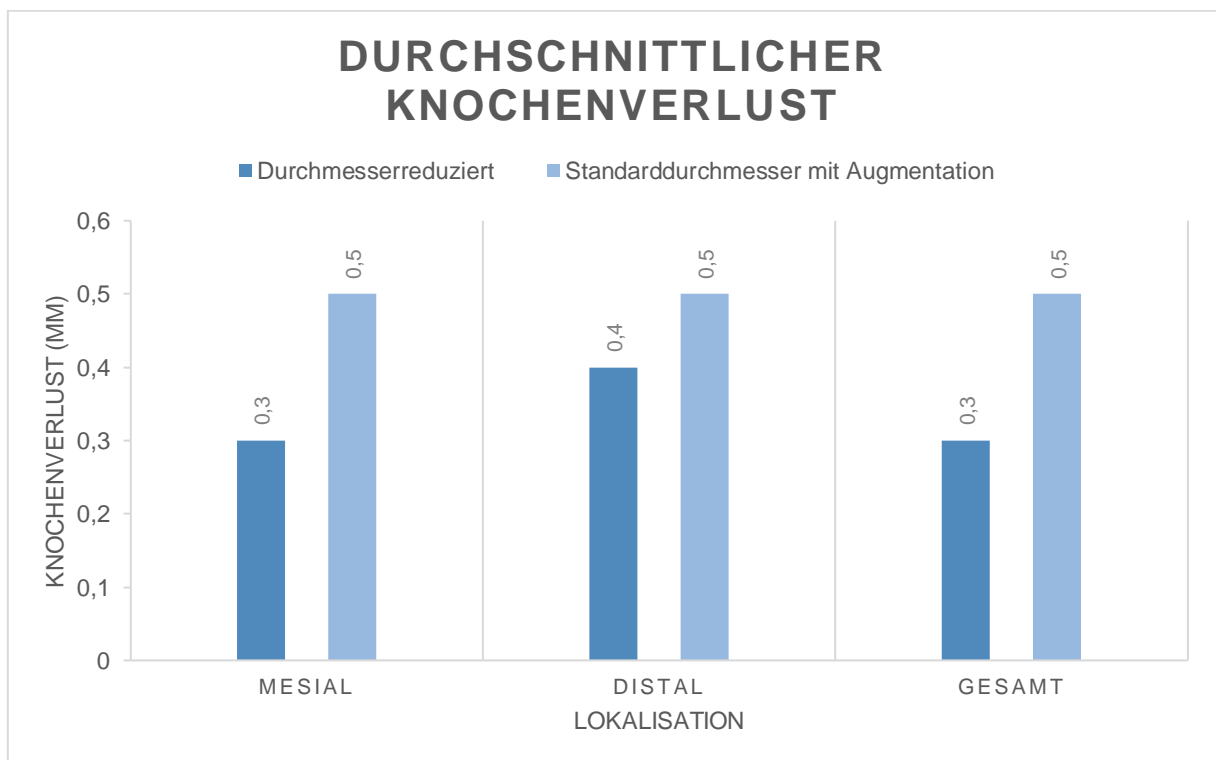


Abbildung 26: Durchschnittlicher Knochenverlust in mm

#### 4.4 Implantaterfolg

Erfolgskriterien nach Buser:

Nach den Kriterien von Buser et. al. (9) wurde bei der durchmesserreduzierten Implantatgruppe eine Erfolgsrate von 84,3% ermittelt.

Im Vergleich hierzu erreichte die Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation eine Erfolgsrate von 81,3% ( $p = 0,79$ ; Hazard Ratio abgeglichen für Geschlecht und Alter: HR 0,78, 95% CI: 0,32 – 1,90).

Erfolgskriterien nach Albrektsson:

Im Kollektiv der durchmesserreduzierten Implantate wurde nach den Kriterien von Albrektsson et. al. (10) eine Erfolgsrate von 85,3% erzielt.

Das Kollektiv der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation erreichte in dieser Studie eine Erfolgsrate von 82,5% ( $p = 0,48$ ; Hazard Ratio abgeglichen für Geschlecht und Alter: HR 0,7, 95% CI: 0,27 – 1,81).

Erfolgskriterien nach Jahn und d'Hoedt:

Nach den Erfolgskriterien von Jahn und d'Hoedt (11) erzielte das durchmesserreduzierte Implantatkollektiv eine Erfolgsrate von 79,4%.

Bei dem Kollektiv der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation wurde eine Erfolgsrate von 73,8% festgestellt.

Erfolgskriterien nach dem National Institute of Health:

In der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate wurde nach den Kriterien der NIH (81) eine Erfolgsrate von 98,0% ermittelt.

Im Vergleich hierzu wurde in der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation eine Erfolgsrate von 92,5% erzielt.

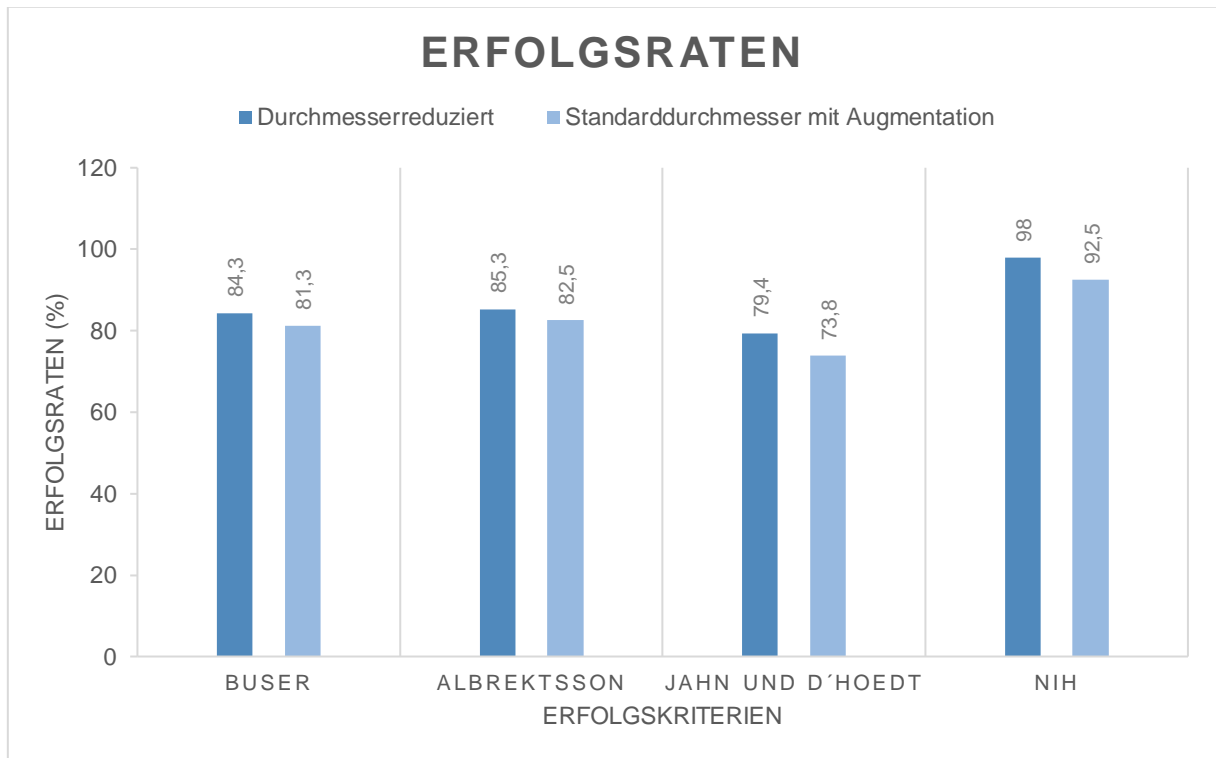


Abbildung 27: Erfolgsraten in Prozent

## 4.5 Ergebnisse der Fragebögen

### 4.5.1 OHIP-G14

Im Rahmen dieser Studie erklärten sich 84 Patienten bereit, den OHIP-G14 Fragebogen auszufüllen. Da jedoch 5 Patienten in beiden Implantatkollektiven vorkamen und dies berücksichtigt werden muss, wurden die Ergebnisse dieser Patienten für beide Gruppen gewertet. Somit beträgt die Gesamtzahl  $n = 89$ . Hiervon waren 57 Patienten aus der durchmesserreduzierten Gruppe ( $n = 57$ ) und 32 Patienten aus der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation.

Bei einer möglichen Maximalpunktzahl von 56 pro Fragebogen erreichten die Patienten der durchmesserreduzierten Implantatgruppe im Durchschnitt eine Punktzahl von  $4,2 \pm 8,0$ . Die geringste Punktzahl betrug 0 und die höchste 53.

Bei der Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation wurde durchschnittlich eine Punktzahl von  $3,8 \pm 5,0$  erreicht. Der geringste Wert betrug 0 und der höchste 19.

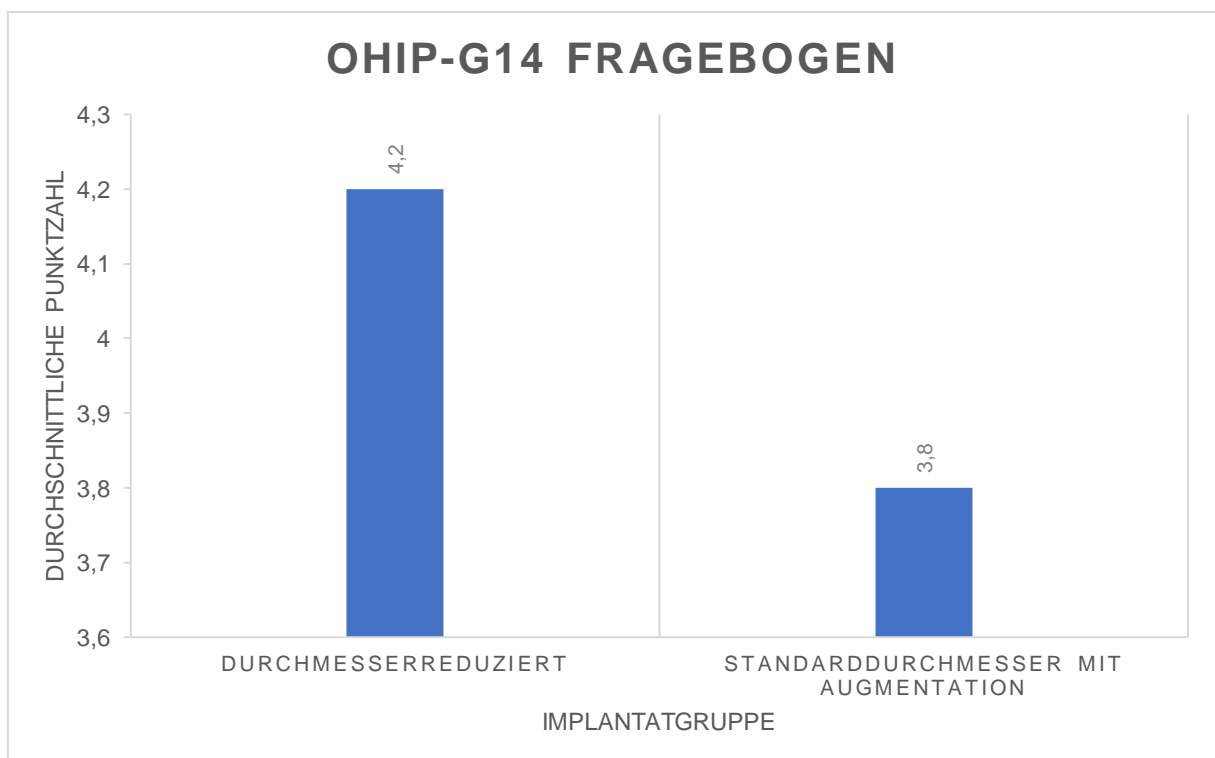


Abbildung 28: Ergebnisse des OHIP-G14 in Mittelwerten

#### 4.5.2 Selbsterstellter Fragebogen

Den selbsterstellten Fragebogen füllten insgesamt 84 Patienten ( $n = 84$ ) aus. Da einige Patienten sich bei bestimmten Fragen enthielten, wird jede Frage im Folgenden einzeln ausgewertet.

In der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate beantworteten 52 Patienten ( $n = 52$ ) den Fragebogen. Die Frage zur Implantatbewertung wurde 51-mal beantwortet. Im Durchschnitt wurde eine Bewertung von  $8,8 \pm 1,6$  erreicht. Die Frage zur Operationsbewertung wurde 52-mal beantwortet. Im Mittel wurde ein Ergebnis von  $9,3 \pm 1,1$  erreicht. Die prothetische Versorgung wurde 48-mal bewertet. Der Durchschnitt betrug hier  $8,8 \pm 1,8$ . Die Frage zur Belastbarkeit des Implantats wurde 47-mal ausgefüllt. Hier konnte ein Mittelwert von  $6,6 \pm 3,3$  ermittelt werden. Die Mundhygiene wurde in 49 Fällen angegeben. Im Mittel betrug die Bewertung  $8,3 \pm 1,6$ . Bei der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation beantworteten 32 Patienten ( $n = 32$ ) den Fragebogen. Die Frage zur Implantatbewertung wurde 31-mal beantwortet. Im Mittel wurde eine Bewertung von  $9,2 \pm 1,1$  angegeben. Die Frage zur Operationsbewertung beantworteten 32 der Patienten. Im Mittel wurde ein Ergebnis von  $9,4 \pm 1,2$  erreicht. Die Frage der prothetischen Versorgung wurde 29-mal bewertet. Der Mittelwert betrug hier  $9,1 \pm 1,5$ . Die Belastung des Implantats wurde ebenfalls 29-mal beantwortet. Hier konnte ein Durchschnitt von  $6,6 \pm 3,5$  festgestellt werden. Die Mundhygiene wurde 32-mal angegeben. Hier wurde im Mittel eine Bewertung von  $8,2 \pm 1,4$  erreicht.

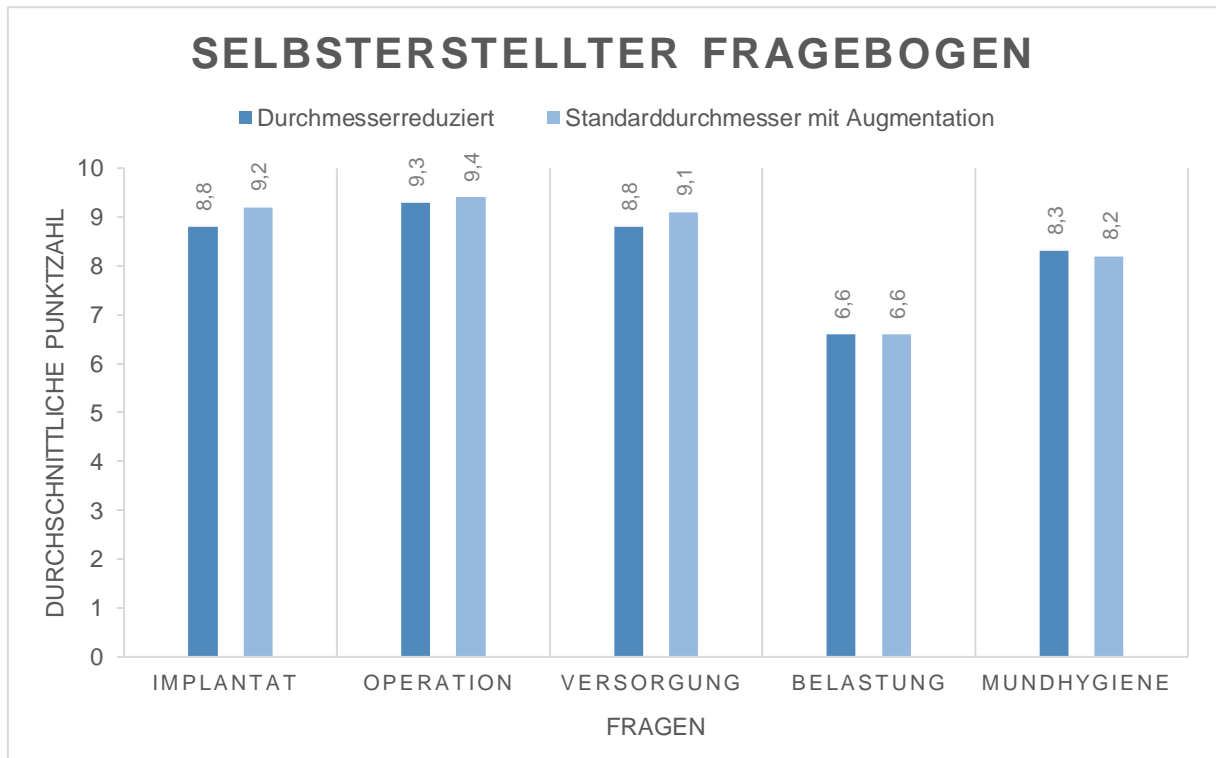


Abbildung 29: Ergebnisse des selbsterstellten Fragebogens in Mittelwerten

## 5 Diskussion

Aufgrund des wachsenden Anspruchs der Patienten sind dentale Implantate im stetigen Wandel. Ziel ist es, stets bessere Ergebnisse zu erzielen und das Therapiespektrum zu erweitern. Einen limitierenden Faktor stellt häufig der Knochenabbau dar, wodurch ggf. nicht ausreichend Knochen für eine erfolgversprechende Implantation vorhanden ist. So zeigten Schropp et. al. 2003, dass die Breite des Knochens nach einer Zahnextraktion innerhalb der ersten zwölf Monate um ca. 50,0% abnehmen kann. Hierbei war der Knochenabbau in den ersten drei Monaten am stärksten (100). Daher entwickelte sich das Interesse verstärkt zu den sogenannten durchmesserreduzierten Implantaten, um die Komplikationen einer Augmentation zu vermeiden (101, 102).

Es existieren zahlreiche Studien bezüglich des Vergleichs von durchmesserreduzierten Implantaten und Standarddurchmesser-Implantaten auf dessen Überleben und Erfolg, auf die in den folgenden Kapiteln eingegangen wird. Das Besondere dieser Studie ist die genauere Betrachtung der Standarddurchmesser-Implantate in Kombination mit horizontaler Augmentation, da einer der Hauptgründe für den Einsatz durchmesserreduzierter Implantate im zu geringen horizontalen Knochenangebot liegt (103). Dies bedeutet, dass diese Studie einen qualitativ aussagekräftigeren Vergleich beider Implantatdurchmesser herstellt, welche sich auf die grundsätzliche Ursache bezieht bzw. die Therapiealternative der Augmentation genauer betrachtet.

Diese Form des Vergleichs ist bisher sehr selten untersucht worden. Daher werden folgend die Ergebnisse dieser Arbeit mit Studien verglichen, welche keine horizontalen Augmentationen einbeziehen. Hierdurch soll ersichtlich werden, inwieweit die horizontale Augmentation die Ergebnisse beeinflusst.

Ziel dieser Arbeit liegt damit in der Ermittlung des klinischen und radiologischen Langzeiterfolgs und des Überlebens von durchmesserreduzierten Implantaten sowie von Implantaten mit Standarddurchmesser in Kombination mit horizontaler Knochenaugmentation.

## 5.1 Implantatüberleben

Der Begriff „Überleben“ ist definiert als das fortlaufende Vorhandensein des Implantats in der Mundhöhle, ohne eine Aussage über dessen Erfolg zu ziehen. Es kann zwischen zufriedenstellendes und kompromittiertes Überleben differenziert werden (104).

Beim zufriedenstellenden Überleben bedarf es aktuell keiner klinischen Verbesserung, während beim kompromittierten Überleben ohne klinische Intervention die Gefahr des Implantatverlustes besteht.

In dieser Studie wurde bei den durchmesserreduzierten Implantaten eine Überlebensrate von 96,1% ermittelt. Dies bedeutet, dass bei einer Gesamtzahl von 597 Implantaten bei einer mittleren Liegedauer von  $37,4 \pm 40,4$  Monaten 23 Implantate nicht überlebten.

Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation überlebten acht von 180 Implantaten nicht. Dies ergibt eine Überlebensrate von 95,6% bei einer durchschnittlichen Liegedauer von  $42,4 \pm 49,2$  Monaten.

Die retrospektive Studie von Herrmann et. al. 2016 kann als guter Vergleich herangezogen werden. Hier wurden ebenfalls ausschließlich Straumann® Implantate betrachtet. Mit durchschnittlich  $22,4 \pm 8,2$  Monaten bei den durchmesserreduzierten und  $28,4 \pm 10,1$  Monaten bei den Standarddurchmesser-Implantaten war die Liegedauer marginal reduzierter als in dieser Studie. Des Weiteren wurde in der Kontrollgruppe mit den Standarddurchmesser-Implantaten keine Kriterien zur Augmentation gestellt. Herrmann et. al. ermittelten Überlebensraten bei den durchmesserreduzierten Implantaten von 97,4% und bei den Standarddurchmesser-Implantaten von 98,5%, welche nicht signifikant höher zu dieser Studie sind. Dies veranschaulicht den unwesentlichen Einfluss der Variable der Augmentation auf das Überleben der Implantate (105).

Die Studie von Romeo et. al. 2006 zeigt deutlich das Langzeitüberleben von durchmesserreduzierten Implantaten im Vergleich zu Standarddurchmesser-Implantaten ohne Augmentation. Sie ermittelten eine 7 Jahres-Überlebensrate von 96,9% für durchmesserreduzierte Implantate und 97,9% für Standarddurchmesser-Implantate (106).



Bezogen auf die Studie von Herrmann et. al. 2016 und dieser Studie ist ersichtlich, dass annähernd gleiche Überlebensraten und Abweichungen zwischen durchmesserreduzierten Implantaten und Standarddurchmesser-Implantaten ohne Augmentation erreicht werden.

Dies verdeutlichen Ma et. al. 2019 in ihrer Meta-Analyse. Sie verglichen die Ergebnisse von insgesamt elf Publikationen, in denen die Überlebensraten sowohl für die durchmesserreduzierten Implantate als auch für die Standarddurchmesser-Implantate bei mehr als 93,0% lagen (107).

Verglichen mit dieser Studie, in der insbesondere auf Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation eingegangen wird, sind ebenfalls Überlebensraten von über 93,0% feststellbar. Dies lässt vermuten, dass die horizontale Augmentation bezogen auf das Überleben der Implantate keinen signifikanten Einfluss hat.

Zudem sollte beachtet werden, dass Herrmann et. al. und Romeo et. al. strengere Ausschlusskriterien stellten. So ist zum Beispiel die Abwesenheit von Compliance, beziehungsweise mangelnder Motivation zur Mundhygiene, ein Ausschlusskriterium gewesen (105, 106). In der vorliegenden Studie wurden Risikopatienten, welche eine erhöhte Gefahr des Implantatverlustes aufwiesen, mit einbezogen und dennoch weiterhin vergleichbar gute Überlebensraten erzielt.

## 5.2 Einfluss verschiedener Parameter auf das Überleben

### 5.2.1 Geschlecht

In dieser Studie erreichten die Implantate, welche bei Frauen inseriert wurden, in der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate eine Überlebensrate von 95,0% und in der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation eine Überlebensrate von 95,3%. Bei Männern betrug die Überlebensrate 97,3% im durchmesserreduzierten Implantatkollektiv und 95,9% im Standarddurchmesser-Implantatkollektiv mit Augmentation. Es konnten im direkten Vergleich keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Geschlecht und dem Überleben der Implantate ermittelt werden.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Aussagen von Yang et. al. 2019. Sie untersuchten 578 durchmesserreduzierte Implantate bei Männern und 517 Implantate bei Frauen. Die Verlustraten betrugen bei Männern 3,6% und bei Frauen 2,4%. Damit stellten sie fest, dass das Geschlecht bei durchmesserreduzierten Implantaten keinen erheblichen Einfluss aufwies (108). Andere Autoren wie French et. al. 2015 kamen zu einem anderen Ergebnis. In ihrer Studie waren die Überlebensraten von Straumann® Implantaten bei Frauen signifikant höher im Verhältnis zu den Männern. Sie postulierten, dass dies mit der erhöhten Beißkraft der Männer zusammenhängen könnte (109).

Somit kann der Einfluss des Geschlechts auf das Überleben weder widerlegt noch bestätigt werden. Dennoch lassen die Ergebnisse dieser Studie keinen geschlechterspezifischen Unterschied feststellen.

### 5.2.2 Region

Wie in Kapitel 2.4 „Kieferknochen“ beschreiben, kann die Region, in welche das Implantat inseriert wird, die Ergebnisse beeinflussen. So stellte Li et. al. 2017 fest, dass der Typ III Knochen, welcher beispielsweise im posterioren Oberkiefer zu finden ist, im Vergleich zum Typ I Knochen eine bessere Osseointegration aufweist (47). So ist beispielsweise in der Studie von Al-Nawas et. al. 2015 ersichtlich, dass das Überleben von durchmesserreduzierten Implantaten im Typ III Knochen nach zwei Jahren 98,9% beträgt, während in Typ I Knochen das Überleben 95,7% beträgt (110).

Im Rahmen dieser Dissertation betragen die ermittelten Überlebensraten der durchmesserreduzierten Implantate im anterioren Oberkiefer 96,2%, im posterioren Oberkiefer 96,4%, im anterioren Unterkiefer 96,0% und im posterioren Unterkiefer 95,9%.

Für die Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation ergaben sich Überlebensraten im anterioren Oberkiefer von 91,7%, im posterioren Oberkiefer von 98,1%, im anterioren Unterkiefer von 100% und im posterioren Unterkiefer von 95,4%. In dieser Studie wurde jedoch kein signifikanter Unterschied ermittelt. Lediglich der anteriore Oberkiefer wies im Kollektiv der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation eine reduzierte Überlebensrate im Verhältnis zu den anderen Gruppen auf. Eine Ursache hierfür konnte nicht ermittelt werden.

French et. al. 2015 kamen in ihrer Überlebensanalyse zu einem vergleichbaren Ergebnis. Die anteriore Maxilla wies im Vergleich zu anderen Regionen signifikant schlechtere Werte auf. Sie vermuteten, dass dies an einer zu frühen Belastung des Implantats lag, da der Wunsch nach ästhetisch schönen Provisorien in dieser Region hoch war (109).

Arisan et. al. 2010 kamen zu einem anderen Resultat. Hier lagen die Überlebensraten im posterioren Kiefer bei 92,1% und im anterioren Kiefer bei 99,2%. Dies stellt einen erheblichen Unterschied dar ( $p = 0,004$ ). Nach Ihnen ist einer der Gründe für diese Werte der erhöhte okklusale Stress der Implantate im posterioren Kiefer (111).

Aufgrund der unterschiedlichen Ergebnisse verschiedener Autoren kann kein zuverlässiger Zusammenhang zwischen der Region und dem Überleben des Implantats erfasst werden.

### 5.2.3 Implantatform

Bei Bone Level Implantaten erreichten die durchmesserreduzierten Implantate eine Überlebensrate von 95,8% und bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation eine Rate von 95,4%. Tissue Level Implantate erreichten marginal bessere Werte. Die Überlebensrate betrug bei den durchmesserreduzierten Implantaten 97,2% und bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation 95,9%. Dennoch sind die Unterschiede gleichermaßen nicht erheblich.

In der Studie von French et. al. 2015 erreichten Bone Level Implantate wie Tissue Level Implantate ein Überleben von 99%. Lediglich die spezielle Form der Tapered Effect Implantate erreichte ein geringeres Überleben von 95,0%, welche nach den Autoren wahrscheinlich an den komplexeren Insertionen lag (109).

Die retrospektive Studie von Kim et. al. 2018 veranschaulicht die Langzeitüberlebensrate von Tissue Level Implantaten. Nach einem Jahr betrug das Überleben 99,1%. Nach zehn Jahren betrug das Überleben noch 98,2% (112).

Levine et. al. 2019 ermittelten in ihrer prospektiven Studie ein Überleben für Bone Level Implantate nach einem Jahr von 98,3% (113).

Wird das 1-Jahres-Überleben der Tissue Level Implantate von Kim et. al. mit denen der Bone Level Implantate aus der Studie von Levine et. al. 2019 verglichen, ist ersichtlich, dass beide Implantatformen annähernd übereinstimmende Ergebnisse liefern und keinen deutlichen Unterschied aufweisen. Diese Aussage deckt sich mit den Ergebnissen dieser Dissertation.

### 5.3 Klinische und röntgenologische Parameter

Zur Bestimmung des Überlebens und des Erfolgs der Implantate wurden im Rahmen der klinischen und röntgenologischen Nachuntersuchungen folgende Parameter erhoben. Diese Parameter verwendeten ebenfalls andere Autoren, wie beispielsweise Buser et. al. (9).

#### 5.3.1 Lockerungsgrad

In dieser Studie wiesen alle Implantate einen Lockerungsgrad von 0 auf. Hierdurch wird die geringe Aussagekraft der manuellen Überprüfung der Stabilität des Implantats bestätigt, welche Al-Nawas et. al. 2012 in ihrer Studie feststellte. Sie zweifelten sowohl die manuelle Überprüfung wie auch den Periostrtest an (114). Bereits 1995 beobachteten Spiekermann et. al., dass dem Knochen-Level eine wesentlich höhere Bedeutung zukommen ist und weder Periostrtest noch die manuelle Überprüfung eine bedeutende Aussagekraft haben (115).

#### 5.3.2 Sulkus-Blutungs-Index

Wie bereits in Kapitel 3.3.2 „Sulkus-Blutungs-Index“ beschrieben, gilt der Sulkus-Blutungs-Index als eines der wichtigsten Zeichen für parodontale Erkrankungen und Periimplantitis (85). Hier erreichten 83,3% der durchmesserreduzierte Implantate Grad 0, 4,9% Grad 1 und 11,8% Grad 2. Bei Standarddurchmesser-Implantaten mit horizontaler Augmentation waren 83,8% Grad 0, 11,2% Grad 1 und 5% Grad 3. Im direkten Vergleich zueinander sind keine erheblichen Unterschiede ersichtlich. Die geringfügigen Abweichungen können vielfältiger Ursache sein. So sind nach Farina et. al. 2017 die Taschentiefen, Implantatposition und das Geschlecht modulierende Faktoren (88). Besonders Frauen sind häufiger betroffen gewesen. Sie vermuteten, dass dies an hormonellen Veränderungen liegen kann. Des Weiteren wiesen Nicht-Raucher im Vergleich zu Rauchern ein um das 2,9-fache verringertes Blutungsaufreten auf (116). Damit gilt Rauchen als ein sehr wichtiger Faktor. In der Studie von Alasqah et. al. 2019 wurde eine Übersicht über den Zusammenhang von

durchmesserreduzierten Implantaten und Standarddurchmesser-Implantaten zum Rauchverhalten gestellt. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei verschiedenen klinischen Parametern lediglich die Blutung stark variiert. Bei Nicht-Rauchern wiesen die durchmesserreduzierten Implantate in 23,8% der Fälle Blutungen auf, während bei Standarddurchmesser-Implantaten in 23,7% der Fälle Blutungen sichtbar waren. In der Rauchergruppe zeigten die durchmesserreduzierten Implantate 12,8% Blutungen auf, während die Standarddurchmesser-Implantate eine Rate von 9,1% aufwiesen (117). Somit sind keine großen Abweichungen zwischen den durchmesserreduzierten Implantaten und Standarddurchmesser-Implantaten der jeweiligen Rauchergruppe untereinander feststellbar. Dies deckt sich annähernd mit den Ergebnissen dieser Studie.

### 5.3.3 Taschentiefe

Die Taschentiefe bzw. Sulkustiefe gilt als ein wichtiger klinischer Parameter zur Bestimmung der Periimplantitis. So stellten Schwarz et. al. 2017 in einer Literaturübersicht fest, dass die Mehrheit der Autoren neben dem Bleeding on Probing und Knochenabbau ebenfalls die Sondierung der Taschentiefe begutachteten, um eine mögliche Periimplantitis zu ermitteln. Sie bemerkten eine Korrelation der Taschentiefe zu den Zeichen einer Entzündung (118). Dennoch gibt die Sulkustiefe keine exakten Aussagen über den Knochenabbau wieder. Beispielsweise beobachteten Serino et. al. 2013, dass die prothetische Rekonstruktion die Taschentiefe mitbeeinflusst. Daher muss die Sulkustiefe mit Vorsicht bewertet werden (119). In dieser Studie wurden in der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate eine kumulierte durchschnittliche Taschentiefe von  $2,3 \pm 0,6$  mm gemessen. In der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation wurden eine kumulierte durchschnittliche Taschentiefe von  $2,1 \pm 0,6$  mm gemessen. Al-Shibani et. al. 2018 beobachteten annähernd gleiche Ergebnisse. Die durchmesserreduzierten Implantate hatten beim 36-Monate Follow-up bei Nicht-Diabetikern Taschentiefen von durchschnittlich 2,3 mm mit Werten zwischen 1,6 mm und 2,8 mm. Die Standarddurchmesser-Implantate wiesen durchschnittlich Tiefen von 2,5 mm mit Werten zwischen 2,2 mm und 3,1 mm bei Nicht-Diabetikern auf (120). Hierdurch wird ersichtlich, dass die Ergebnisse dieser Studie von der Literatur

nicht beträchtlich abweichen und die Augmentation die Taschentiefe nicht wesentlich mitbeeinflusst.

#### 5.3.4 Modifizierter Plaque-Index

Der modifizierte Plaque-Index dient zur qualitativen Bestimmung der allgemeinen Mundhygiene der Patienten (90). In dieser Studie erreichten bei durchmesserreduzierten Implantaten nach Mombelli 71,6% den Grad 0, 11,7% den Grad 1, und 16,7% den Grad 2. Somit wiesen 28,4% der Implantate eine Plaque auf. Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation lagen 85% bei Grad 0, 5% bei Grad 1 und 10% bei Grad 2. Hier wiesen 15% eine Plaque auf. Die Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate erreichte im direkten Vergleich geringfügig bessere Werte. Dennoch lässt sich kein Zusammenhang zwischen der Augmentation und der Mundhygiene feststellen. Verglichen mit der Literatur sind keine relevanten Abweichungen feststellbar. Alasqah et. al. 2019 fanden bei einem Follow-up von 36 Monaten in der Gruppe der durchmesserreduzierten Implantate bei Nicht-Rauchern in 27,6% der Fälle Plaque und bei Rauchern in 26,5% der Fälle. Bei den Standarddurchmesser-Implantaten waren es bei den Nicht-Rauchern 30,2% und bei den Rauchern 24,4%. Einige Autoren wie Hermann et. al. 2016 schlossen Patienten mit eingeschränkter Mundhygiene vorab aus (105).

#### 5.3.5 Systemische Erkrankungen

Systemische Erkrankungen können das Überleben und den Erfolg von Implantaten beeinflussen. In dieser Studie wurden einige Kriterien, die bereits Schiegnitz und Kämmerer 2012 beschrieben, betrachtet (92). Hierbei handelt es sich um die Parameter Diabetes mellitus, Rauchen, Radiotherapie und Osteoporose.

Wie bereits in Kapitel 5.3.2 „Sulkus-Blutungs-Index“ erwähnt, analysierten Alasqah et. al. 2019 eine Diskrepanz im Blutungsparameter zwischen Rauchern und Nicht-Rauchern. Dies könnte nach Angaben der Autoren an der verringerten zellulären Heilung und verringerten Blutungsneigung liegen (117).

Die systematische Übersichtsarbeit von Naujokat et. al. 2016 zeigt den Zusammenhang von Diabetes mellitus und der Überlebensrate von Implantaten. Sie postulierten, dass sich die Überlebensraten in den ersten sechs Jahren nicht wesentlich unterschieden. Jedoch ergaben die Langzeitergebnisse von 20 Jahren ein verringertes Überleben der Implantate bei Diabetikern. Des Weiteren wiesen schlecht kontrollierte Diabetiker eine verzögerte Osseointegration auf (121).

Da in dieser Studie die Augmentation der Standarddurchmesser-Implantate eine wesentliche Rolle spielt, ist die Bestrahlung von großer Bedeutung. Hier beobachteten Schiegnitz et. al. 2014 in einer Meta-Analyse die herabgesetzte Überlebensrate von Implantaten in Augmentationsgebieten bei bestrahlten Patienten, während bei nativem Knochen keine signifikanten Unterschiede zwischen bestrahlten und nicht bestrahlten Patienten vorlag (122).

In dieser Studie hatten 22 Patienten eine systemische Erkrankung, wovon 15 Patienten durchmesserreduzierte Implantate und 7 Patienten Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation aufwiesen.

#### 5.3.6 Röntgenologischer Knochenverlust

Da einige Studien bereits die höhere Knochenresorption bei Implantaten in augmentiertem Knochen im Vergleich zu nativem Knochen belegten, stellt dieser Parameter einen bedeutsamen Punkt in dieser Studie dar (123, 124).

Zu erwähnen ist, dass in einigen Studien wie beispielsweise von Sbordone et. al. vor allem der bukkale Knochen bei horizontaler Augmentation von Knochenresorptionen betroffen war (124). Da in dieser Studie zur Bestimmung des röntgenologischen Knochenniveaus die Panoramaschichtaufnahme gewählt wurde und somit das Knochenniveau lediglich mesial und distal beurteilt werden kann, sind die Ergebnisse mit Vorsicht zu interpretieren. Dennoch wurde die Panoramaschichtaufnahme gewählt, da sie als gut reproduzierbar gilt und für Routinefälle empfehlenswert ist (95, 96).

Mit dieser Studie soll ermittelt werden, ob der erhöhte Knochenabbau zu einem signifikant geringeren Erfolg der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation führt und somit durchmesserreduzierte Implantate vorzuziehen sind.



Aus der Meta-Analyse von Alrabiah 2019 wird ersichtlich, dass in zwei Studien durchmesserreduzierte Implantate minimal höheren Knochenverlust aufwiesen im Vergleich zu Standarddurchmesser-Implantate ohne Augmentation. Jedoch wies eine Studie einen leicht geringeren Knochenverlust in der durchmesserreduzierten Implantatgruppe auf (125). Dies deutet darauf hin, dass keine wesentlichen Unterschiede zwischen dem Knochenverlust und dem Durchmesser des Implantats identifizierbar sind.

In der klinischen Studie von Souza et. al. 2018 wurden nach drei Jahren bei den durchmesserreduzierten Implantaten ein durchschnittlicher Knochenverlust von  $0,6 \pm 0,4$  mm ermittelt. Bei den Standarddurchmesser-Implantaten lag der durchschnittliche Knochenverlust bei  $0,5 \pm 0,5$  mm (126).

In dieser Studie lag der durchschnittliche Knochenabbau bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit Augmentation bei  $0,5 \pm 1,2$  mm mesial und  $0,5 \pm 1,2$  mm distal. Daraus ergibt sich ein Gesamtknochenabbau von durchschnittlich  $0,5 \pm 1,2$  mm. Im direkten Vergleich wiesen die durchmesserreduzierten Implantate geringfügig bessere Werte von  $0,3 \pm 0,8$  mm mesial und  $0,4 \pm 0,9$  mm distal auf. Daraus ergibt sich kombiniert ein Knochenabbau von  $0,3 \pm 0,8$  mm. Dennoch sind keine erheblichen Abweichungen zwischen den Ergebnissen der Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation dieser Studie im Vergleich zu Standarddurchmesser-Implantaten ohne Augmentation der Literatur erkennbar.

## 5.4 Implantaterfolg

Zur Bestimmung des Erfolgs von Implantaten bedarf es bestimmter Kriterien. Da bisher keine einheitlichen Kriterien eingeführt wurden, verzeichnet die Literatur unterschiedliche Ergebnisse (80). Diese Unterschiede sind teilweise sehr drastisch und nicht vergleichbar. Um einen qualitativen Vergleich zu erreichen, werden nachfolgend die Ergebnisse verschiedener Erfolgskriterien einzeln mit der Literatur verglichen. Hierbei verwendeten die meisten Autoren die Erfolgskriterien nach Buser et. al. und nach Albrektsson et. al. (27, 127-129). Attia et. al. 2019 bemängelten das Fehlen von subjektiven Parametern zur Erfolgsbestimmung und verwiesen hier auf die Kriterien von Jahn und d’Hoedt (127).

Im Rahmen dieser Dissertation wurde nach den Kriterien von Buser et. al. bei durchmesserreduzierten Implantaten eine Erfolgsrate von 84,3% und bei Standarddurchmesser-Implantaten von 81,3% erreicht. Nach den Kriterien von Albrektsson et. al. erzielte das durchmesserreduzierte Implantatkollektiv einen Erfolg von 85,3% und das Standarddurchmesser-Implantatkollektiv mit Augmentation einen Erfolg von 82,5%. Die Erfolgsraten nach Jahn und d’Hoedt erzielten in dieser Studie die geringsten Erfolge mit 79,4% für die durchmesserreduzierte Implantatgruppe und 73,8% für die Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation. Die höchsten Erfolgsraten wurden nach den Kriterien des National Institute of Health erreicht. Hier betragen die Erfolgsraten 98,0% für das durchmesserreduzierte Implantatkollektiv bzw. 92,5% für das Standarddurchmesser-Implantatkollektiv mit Augmentation.

In der Studie von Attia et. al. 2019 wurde bei 155 Implantaten ein Erfolg nach Buser von 96,8% und ein Erfolg nach Albrektsson von 88,4% registriert (127).

Buser selbst ermittelte in einer Studie von 2012 in einem 10-Jahres-Follow-up ein Erfolg von 97,0% (29). Dagegen ermittelten Chappius et. al. 2013 nach einem Langzeit-Follow-up von 20 Jahren Erfolgsraten von 75,8% nach Buser und 89,5% nach Albrektsson (27).

Verglichen mit der durchmesserreduzierten Implantatgruppe dieser Dissertation sind marginal verringerte Erfolgsraten zu erkennen.

Ghazal et. al. fanden in einer klinischen Studie heraus, dass durchmesserreduzierte Implantate und Standarddurchmesser-Implantate annähernd gleiche Ergebnisse in ihrem Erfolg erzielen (130).

Zur Beurteilung der Erfolge von der Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation ist die Studie von Fuglsig et. al. 2019 erwähnenswert. Sie untersuchten die Erfolgsraten bei Implantaten mit Knochenblock Augmentationen im Oberkiefer. Die Erfolgsraten der Implantate betragen nach vier bis sechs Jahren lediglich 52,0% nach den Kriterien von Albrektsson. Nach elf bis zwölf Jahren betragen die Erfolgsraten geringe 34,4% (128).

Verglichen mit der Studie von Kim et. al. 2013, welche ebenfalls die Kriterien nach Albrektsson berücksichtigten, ermittelten sie bei zwei unterschiedlichen Verfahren der Knochenaugmentation Erfolgsraten von 92,7% und 90,2%.

Buser et. al. verzeichneten nach ihren Kriterien im augmentierten Knochen eine Erfolgsrate von 98,3% (131).

Hier wird ersichtlich, dass die Erfolgsraten stark variieren können und das Ergebnis der Augmentation berücksichtigt werden müsste. Die ermittelten Ergebnisse dieser Studie für Standarddurchmesser-Implantate mit Augmentation stellen jedoch keine erheblichen Unterschiede dar.

Bei genauerer Analyse der Kriterien nach Jahn und d'Hoedt sind hier die niedrigsten Erfolgsraten ersichtlich. Dies deckt sich mit den Aussagen von Buch et. al. 2003. Hier wurde ein Erfolg von ungefähr 75% nach Jahn und d'Hoedt erfasst, was nach Angaben der Autoren an den zusätzlichen subjektiven Erfolgskriterien liege (80).

Nach den Kriterien vom National Institute of Health wurden in dieser Dissertation die höchsten Erfolge erzielt. Dies liegt vermutlich an dem Kriterium des Knochenabbaus, welches besagt, dass ein Knochenabbau von bis zu 1/3 der Implantatlänge als Erfolg gilt. Diese Aussage ermöglicht bei sehr langen Implantaten eine höhere Toleranz des Knochenabbaus. Buch et. al. stellten dies ebenfalls in ihrer Studie fest (80).

## 5.5 Fragebögen

Ein Ziel von Implantaten ist es, die orale Rehabilitation des Patienten und somit eine Verbesserung der Lebensqualität zu ermöglichen (132). Da die Lebensqualität jedoch ein subjektiver Parameter ist, wurden neben den objektiven Parametern zusätzlich der standardisierte OHIP-G14 Fragebogen und ein selbsterstellter Fragebogen von den Patienten ausgefüllt.

Ponsi et. al. 2011 erfassten mit Hilfe des OHIP-14 Fragebogens eine signifikant verbesserte subjektive Mundgesundheit durch die Therapie mit Implantaten. Der Einsatz von Implantaten in der anterioren Region führte nach der Behandlung zu einer Verbesserung der OHIP-14 Punktzahl von 13,4 präoperativ auf 1,5 ( $p < 0,001$ ). Zu erwähnen ist, dass der Ersatz in der Molarregion eine vergleichsweise geringe Verbesserung von 6,5 auf 3,0 aufwies und dies als nicht signifikant zu betrachten war ( $p = 0,085$ ) (133).

Cosola et. al. ermittelten 2018 in ihrer Studie bei insgesamt 36 Patienten eine OHIP Punktzahl in zwei Patientenkollektiven von  $1,5 \pm 1,9$  und  $1,5 \pm 1,4$  (134).

Doornewaard et. al. betrachteten in ihrer Studie besonders die Lebensqualität bezogen auf Implantate mit Deckprothesen. Sie beobachteten nach drei Monaten nach der Behandlung ein Sinken des Wertes von  $13,4 \pm 10,0$  auf  $4,4 \pm 5,0$  (135).

Verglichen mit den Ergebnissen dieser Dissertation erreichte die durchmesserreduzierte Implantatgruppe beim OHIP-G14 Fragebogen eine durchschnittliche Punktzahl von  $4,2 \pm 8,0$  und die Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit Augmentation eine Punktzahl von  $3,8 \pm 5,0$ . Hieraus wird ersichtlich, dass keine signifikanten Unterschiede zur Literatur feststellbar sind. Zudem ist durch die Augmentation kein erheblicher Einfluss auf das subjektive Empfinden identifizierbar. Diese Aussage wird durch die Studie von Reisine et. al. 2012 bestärkt, welche die Lebensqualitätsänderung durch Implantate in besonderem Bezug auf die Knochenaugmentation überprüfte. Sie ermittelten nach neun Monaten eine Punktzahl von durchschnittlich  $2,0 \pm 2,5$ , welche mit den Werten dieser Studie vergleichbar ist (136).

Zur Validierung der Ergebnisse des OHIP Fragebogens wurde den Patienten zudem ein zweiter, selbsterstellter Fragebogen vorgelegt. Das Ziel hierbei war herauszufinden, inwieweit die Beurteilung der Lebensqualität und Zufriedenheit

durch den OHIP-G14 mit anderen Parametern korreliert. Im Durchschnitt wurde bei einer Skala von 1 - 10 (wobei 10 die beste Bewertung darstellte) im Standarddurchmesser-Implantatkollektiv mit Augmentation das Implantat mit  $9,2 \pm 1,1$ , die Operation mit  $9,4 \pm 1,2$ , die prothetische Versorgung mit  $9,1 \pm 1,5$ , die Belastung des Implantats mit  $6,6 \pm 3,5$  und die Mundhygiene mit  $8,2 \pm 1,4$  bewertet. Im durchmesserreduzierten Implantatkollektiv wurde das Implantat mit  $8,8 \pm 1,6$ , die Operation mit  $9,3 \pm 1,1$ , die prothetische Versorgung mit  $8,8 \pm 1,8$ , die Belastung des Implantats mit  $6,6 \pm 3,3$  und die Mundhygiene mit  $8,3 \pm 1,6$  bewertet.

Beide Fragebögen zeigen eine deutliche Zufriedenheit der Patienten. Ein genauer Vergleich beider Fragebögen ist jedoch nicht möglich, da keine zwei standardisierten Bögen verwendet wurden und die Bewertungskonzepte stark variieren. Dennoch ist die Verwendung unterschiedlicher Fragebögen bezüglich der mundbezogenen Lebensqualität zu empfehlen, da keine generalisierte Definition zur Ermittlung der mundbezogenen Lebensqualität existiert (137).

## 6 Zusammenfassung

Zahlreiche Studien belegten, dass die Erfolgs- und Überlebensraten durchmesserreduzierter Implantate keine signifikanten Unterschiede zu denen von Standarddurchmesser-Implantaten aufweisen. Dennoch berücksichtigten viele Studien in der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate nicht die horizontale Knochenaugmentation. Jedoch ist dies ein entscheidender Faktor, da einer der Hauptgründe für den Einsatz durchmesserreduzierter Implantate der Verzicht einer horizontalen Knochenaugmentation darstellt. Deshalb war das Ziel dieser Dissertation, solch einen Vergleich herzustellen, um eine bessere Beurteilung zwischen beiden Therapieansätzen zu erschließen.

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden alle Implantate der Firma Straumann®, welche zwischen 2003 und 2018 in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie – Plastische Operationen – der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz inseriert wurden, untersucht. Hierbei bestand das Kollektiv aus 355 Patienten mit insgesamt 777 Implantaten. 272 Patienten mit insgesamt 597 Implantaten gehörten der durchmesserreduzierten Implantatgruppe an und 83 Patienten mit insgesamt 180 Implantaten gehörten der Standarddurchmesser-Implantatgruppe mit horizontaler Knochenaugmentation an.

Die Überlebensrate betrug bei dem durchmesserreduzierten Implantatkollektiv 96,1% bei einer durchschnittlichen Liegedauer von  $37,4 \pm 40,4$  Monaten. Bei den Standarddurchmesser-Implantaten mit horizontaler Augmentation wurde eine Überlebensrate von 95,6% bei einer mittleren Liegedauer von  $42,4 \pm 49,2$  Monaten ermittelt. Statistisch betrachtet zeigen diese Überlebensraten keine signifikanten Unterschiede zueinander ( $p = 0,855$ ). Die verschiedenen Parameter Geschlecht, Region und Implantatform hatten ebenfalls keine relevanten Einflüsse auf das Überleben beider Kollektive.

Besonders interessant war der röntgenologische Knochenverlust. Hier wurde bei durchmesserreduzierten Implantaten ein durchschnittlicher Knochenverlust von  $0,3 \pm 0,8$  mm ermittelt. Die Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate wies mit einem mittleren Knochenverlust von  $0,5 \pm 1,2$  mm geringfügig schlechtere Ergebnisse auf.

Die Erfolgsraten wiesen in beiden Implantatkollektiven annähernd gleiche Erfolge auf. So lagen beispielsweise die Erfolgsraten nach Buser et. al. und nach Albrektsson et. al. für die durchmesserreduzierte Implantatgruppe bei 84,3% und bei 85,3%. Während in der Gruppe der Standarddurchmesser-Implantate mit horizontaler Augmentation die Erfolgsraten nach Buser et. al. 81,3% und nach Albrektsson 82,5% betragen. Eine Ursache für die marginalen Unterschiede in den Erfolgsraten könnte im Zusammenhang zum geringfügig erhöhten Knochenabbau durch die Knochenaugmentation stehen.

Die Ergebnisse der Fragebögen ergaben annähernd identische Werte des subjektiven Empfindens beider Kollektive.

Zusammenfassend erbrachten beide Therapieansätze sehr gute Resultate. Die Knochenaugmentationen wiesen keine wesentlichen Unterschiede in Erfolg und Überleben auf. Somit stellen durchmesserreduzierte Implantate bei Kontraindikationen für Knochenaugmentationen eine gute Therapiealternative dar.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Schwenzer N, Ehrenfeld M. Zahnärztliche Chirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009. 320 p.
2. Weber T. Memorix Zahnmedizin. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2016. 616 p.
3. Moraschini V, Poubel LA, Ferreira VF, Barboza Edos S. 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. *International journal of oral and maxillofacial surgery*. 2015;44(3):377-88.
4. Cacaci C, Neugebauer J, Schlegel A, Seidel F. Checklisten der Zahnmedizin: Orale Implantologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006. 152 p.
5. Carlsson GE. Implant and root supported overdentures - a literature review and some data on bone loss in edentulous jaws. *The journal of advanced prosthodontics*. 2014;6(4):245-52.
6. Steigenga JT, al-Shammari KF, Nociti FH, Misch CE, Wang HL. Dental implant design and its relationship to long-term implant success. *Implant dentistry*. 2003;12(4):306-17.
7. Zahnimplantate.com. Implantataufbau.
8. StraumannAG. Patient Pro. 2019.
9. Buser D, Weber HP, Lang NP. Tissue integration of non-submerged implants. 1-year results of a prospective study with 100 ITI hollow-cylinder and hollow-screw implants. *Clinical oral implants research*. 1990;1(1):33-40.
10. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 1986;1(1):11-25.
11. Jahn M, d'Hoedt B. Zur Definition des Erfolges bei dentalen Implantaten. *Z Zahnärztliche Implantologie*. 1992;8.
12. Gutwald R, Gellrich N-C, Schmelzeisen R. Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag; 2019. 670 p.
13. Neumeyer S, Hopmann S, Hannker C. Einteilige versus zweiteilige Implantate. *Dental Magazin*. 2013;1.
14. StraumannAG. Basisinformation zu den chirurgischen Verfahren. 2018.
15. Engquist B, Astrand P, Anzen B, Dahlgren S, Engquist E, Feldmann H, et al. Simplified methods of implant treatment in the edentulous lower jaw. A controlled prospective study. Part I: one-stage versus two-stage surgery. *Clinical implant dentistry and related research*. 2002;4(2):93-103.
16. Gheisari R, Eatemadi H, Alavian A. Comparison of the Marginal Bone Loss in One-stage versus Two-stage Implant Surgery. *Journal of dentistry (Shiraz, Iran)*. 2017;18(4):272-6.
17. Ogle OE. Implant surface material, design, and osseointegration. *Dental clinics of North America*. 2015;59(2):505-20.
18. Cochran D, Stavropoulos A, Obrecht M, Pippenger B, Dard M. A Comparison of Tapered and Nontapered Implants in the Minipig. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2016;31(6):1341-7.
19. Jokstad A, Ganeles J. Systematic review of clinical and patient-reported outcomes following oral rehabilitation on dental implants with a tapered compared to a non-tapered implant design. *Clinical oral implants research*. 2018;29 Suppl 16:41-54.



20. Atieh MA, Alsabeeha N, Duncan WJ. Stability of tapered and parallel-walled dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Clinical implant dentistry and related research*. 2018;20(4):634-45.
21. Holmgren EP, Seckinger RJ, Kilgren LM, Mante F. Evaluating parameters of osseointegrated dental implants using finite element analysis--a two-dimensional comparative study examining the effects of implant diameter, implant shape, and load direction. *The Journal of oral implantology*. 1998;24(2):80-8.
22. Carlsson L, Rostlund T, Albrektsson B, Albrektsson T. Removal torques for polished and rough titanium implants. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 1988;3(1):21-4.
23. Barfeie A, Wilson J, Rees J. Implant surface characteristics and their effect on osseointegration. *British dental journal*. 2015;218(5):E9.
24. Beger B, Goetz H, Morlock M, Schiegnitz E, Al-Nawas B. In vitro surface characteristics and impurity analysis of five different commercially available dental zirconia implants. *International journal of implant dentistry*. 2018;4(1):13.
25. Jemat A, Ghazali MJ, Razali M, Otsuka Y. Surface Modifications and Their Effects on Titanium Dental Implants. *BioMed research international*. 2015;2015:791725.
26. Meirelles L, Uzumaki ET, Lima JH, Muller CA, Albrektsson T, Wennerberg A, et al. A novel technique for tailored surface modification of dental implants - a step wise approach based on plasma immersion ion implantation. *Clinical oral implants research*. 2013;24(4):461-7.
27. Chappuis V, Buser R, Bragger U, Bornstein MM, Salvi GE, Buser D. Long-term outcomes of dental implants with a titanium plasma-sprayed surface: a 20-year prospective case series study in partially edentulous patients. *Clinical implant dentistry and related research*. 2013;15(6):780-90.
28. van Velzen FJ, Ofec R, Schulten EA, Ten Bruggenkate CM. 10-year survival rate and the incidence of peri-implant disease of 374 titanium dental implants with a SLA surface: a prospective cohort study in 177 fully and partially edentulous patients. *Clinical oral implants research*. 2015;26(10):1121-8.
29. Buser D, Janner SF, Wittneben JG, Bragger U, Ramseier CA, Salvi GE. 10-year survival and success rates of 511 titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a retrospective study in 303 partially edentulous patients. *Clinical implant dentistry and related research*. 2012;14(6):839-51.
30. Buser D, Wismeijer D, Belser U. *ITI Treatment Guide: Implant Placement in Post-Extraction Sites: Treatment Options*. Berlin: Quintessence Publishing; 2008. 216 p.
31. StraumannAG. Mehr als integrierte Arbeitsabläufe: Digitale Lösungen für die Sofortversorgung mit Zahnersatz. 2015:16.
32. Buser D, Chappuis V, Belser UC, Chen S. Implant placement post extraction in esthetic single tooth sites: when immediate, when early, when late? *Periodontology 2000*. 2017;73(1):84-102.
33. Chen ST, Beagle J, Jensen SS, Chiapasco M, Darby I. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding surgical techniques. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2009;24 Suppl:272-8.
34. StraumannAG. Straumann® BLX - Sicherheit und Vertrauen über die Sofortversorgung hinaus. 2018.
35. Buns C-E. Einsatzmöglichkeiten von Tissue und Bone Level Implantaten. *ZWP Online*. 2009:4.
36. Siebert C, Rieder D, Eggert J, Wichmann MG, Heckmann SM. Long-Term Esthetic Outcome of Tissue-Level and Bone-Level Implants in the Anterior

- Maxilla. The International journal of oral & maxillofacial implants. 2018;33(4):905-12.
37. StraumannAG. Mehr als solide - Roxolid. 2018:4.
38. Alayan J, Vaquette C, Saifzadeh S, Hutmacher D, Ivanovski S. Comparison of early osseointegration of SLA((R)) and SLActive((R)) implants in maxillary sinus augmentation: a pilot study. Clinical oral implants research. 2017;28(11):1325-33.
39. Zhao G, Schwartz Z, Wieland M, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Cochran DL, et al. High surface energy enhances cell response to titanium substrate microstructure. Journal of biomedical materials research Part A. 2005;74(1):49-58.
40. Rupp F, Scheideler L, Olshanska N, de Wild M, Wieland M, Geis-Gerstorfer J. Enhancing surface free energy and hydrophilicity through chemical modification of microstructured titanium implant surfaces. Journal of biomedical materials research Part A. 2006;76(2):323-34.
41. StraumannAG. Klinischer Erfolg, der alle Vorstellungen übertrifft. Sicherheit in einer neuen Dimension. 2016:12.
42. Lang NP, Salvi GE, Huynh-Ba G, Ivanovski S, Donos N, Bosshardt DD. Early osseointegration to hydrophilic and hydrophobic implant surfaces in humans. Clinical oral implants research. 2011;22(4):349-56.
43. Welsch U, Kummer W, Deller T. Lehrbuch Histologie. 4th ed. München: Urban & Fischer; 2014. 699 p.
44. Lekholm U, Zarb G. Patient Selection and Preparation. In: Branemark A, Zarb G, Albrektsson T, editors. Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry. Chicago: Quintessence Publishing Co. 1985:199-209.
45. Juodzbaly G, Kubilius M. Clinical and radiological classification of the jawbone anatomy in endosseous dental implant treatment. Journal of oral & maxillofacial research. 2013;4(2):e2.
46. Misch C. Classifications and treatment options of the completely edentulous arch in implant dentistry. Dentistry today. 1990;9(8):26, 8-30.
47. Li J, Yin X, Huang L, Mouraret S, Brunski JB, Cordova L, et al. Relationships among Bone Quality, Implant Osseointegration, and Wnt Signaling. Journal of dental research. 2017;96(7):822-31.
48. Hao Y, Zhao W, Wang Y, Yu J, Zou D. Assessments of jaw bone density at implant sites using 3D cone-beam computed tomography. European review for medical and pharmacological sciences. 2014;18(9):1398-403.
49. Chugh T, Ganeshkar SV, Revankar AV, Jain AK. Quantitative assessment of interradicular bone density in the maxilla and mandible: implications in clinical orthodontics. Progress in orthodontics. 2013;14:38.
50. Drenckhahn D, Christ B, Benninghoff-Drenckhahn. Zellen- und Gewebelehre, Entwicklungslehre, Skelett- und Muskelsystem, Atemsystem, Verdauungssystem, Harn- und Genitalsystem: Urban & Fischer, München; 2003.
51. Lüllmann-Rauch R. Taschenlehrbuch Histologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009. 114-65 p.
52. Albrektsson T, Chrcanovic B, Ostman PO, Sennerby L. Initial and long-term crestal bone responses to modern dental implants. Periodontology 2000. 2017;73(1):41-50.
53. (Eigenbeschriftung) MHM. Knochenentwicklung; Scheitelbein H.E.-Färbung. 2019.
54. (Eigenbeschriftung) MHM. Histologischer Knochenschliff. 2019.
55. Jerosch J, Bader A, Uhr G. Knochen: curasan Taschenatlas spezial. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2002. 171 p.

56. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Branemark PI. A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg.* 1981;387-416.
57. Branemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindstrom J, Hallen O, et al. Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery Supplementum.* 1977;16:1-132.
58. Katsimbri P. The biology of normal bone remodelling. *European journal of cancer care.* 2017;26(6).
59. Albrektsson T, Jacobsson M. Bone-metal interface in osseointegration. *The Journal of prosthetic dentistry.* 1987;57(5):597-607.
60. Lekovic V, Kenney EB, Weinlaender M, Han T, Klokkevold P, Nedic M, et al. A bone regenerative approach to alveolar ridge maintenance following tooth extraction. Report of 10 cases. *Journal of periodontology.* 1997;68(6):563-70.
61. Camargo PM, Lekovic V, Weinlaender M, Klokkevold PR, Kenney EB, Dimitrijevic B, et al. Influence of bioactive glass on changes in alveolar process dimensions after exodontia. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2000;90(5):581-6.
62. Cawood JI, Howell RA. A classification of the edentulous jaws. *International journal of oral and maxillofacial surgery.* 1988;17(4):232-6.
63. Benic GI, Hammerle CH. Horizontal bone augmentation by means of guided bone regeneration. *Periodontology 2000.* 2014;66(1):13-40.
64. McAllister BS, Haghightat K. Bone augmentation techniques. *Journal of periodontology.* 2007;78(3):377-96.
65. Buser D, Sennerby L, De Bruyn H. Modern implant dentistry based on osseointegration: 50 years of progress, current trends and open questions. *Periodontology 2000.* 2017;73(1):7-21.
66. Khojasteh A, Kheiri L, Motamedian SR, Khoshkam V. Guided Bone Regeneration for the Reconstruction of Alveolar Bone Defects. *Annals of maxillofacial surgery.* 2017;7(2):263-77.
67. Chiapasco M, Casentini P. Horizontal bone-augmentation procedures in implant dentistry: prosthetically guided regeneration. *Periodontology 2000.* 2018;77(1):213-40.
68. Elgali I, Omar O, Dahlin C, Thomsen P. Guided bone regeneration: materials and biological mechanisms revisited. *European journal of oral sciences.* 2017;125(5):315-37.
69. Scantlebury TV. 1982-1992: A Decade of Technology Development for Guided Tissue Regeneration. *Journal of periodontology.* 1993;64 Suppl 11S:1129-37.
70. Rakhmatia YD, Ayukawa Y, Furuhashi A, Koyano K. Current barrier membranes: titanium mesh and other membranes for guided bone regeneration in dental applications. *Journal of prosthodontic research.* 2013;57(1):3-14.
71. Hahn W, Klotz S, Gruber RM. *Knochenaufbau in der zahnärztlichen Implantologie.* Balingen: Spitta Verlag; 2008.
72. Al-Abedalla K, Torres J, Cortes AR, Wu X, Nader SA, Daniel N, et al. Bone Augmented With Allograft Onlays for Implant Placement Could Be Comparable With Native Bone. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons.* 2015;73(11):2108-22.
73. Aloy-Prosper A, Penarrocha-Oltra D, Penarrocha-Diago M, Penarrocha-Diago M. The outcome of intraoral onlay block bone grafts on alveolar ridge

- augmentations: a systematic review. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*. 2015;20(2):e251-8.
74. Simion M, Baldoni M, Zaffe D. Jawbone enlargement using immediate implant placement associated with a split-crest technique and guided tissue regeneration. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 1992;12(6):462-73.
75. Bassetti MA, Bassetti RG, Bosshardt DD. The alveolar ridge splitting/expansion technique: a systematic review. *Clinical oral implants research*. 2016;27(3):310-24.
76. Gurler G, Delilbasi C, Garip H, Tufekcioglu S. Comparison of alveolar ridge splitting and autogenous onlay bone grafting to enable implant placement in patients with atrophic jaw bones. *Saudi medical journal*. 2017;38(12):1207-12.
77. Moses O, Nemcovsky CE, Langer Y, Tal H. Severely resorbed mandible treated with iliac crest autogenous bone graft and dental implants: 17-year follow-up. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2007;22(6):1017-21.
78. Sakkas A, Wilde F, Heufelder M, Winter K, Schramm A. Autogenous bone grafts in oral implantology-is it still a "gold standard"? A consecutive review of 279 patients with 456 clinical procedures. *International journal of implant dentistry*. 2017;3(1):23.
79. Bahat O, Sullivan RM. Parameters for successful implant integration revisited part II: algorithm for immediate loading diagnostic factors. *Clinical implant dentistry and related research*. 2010;12 Suppl 1:e13-22.
80. Buch RS, Weibrich G, Wagner W. [Criteria of success in implantology]. *Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie : MKG*. 2003;7(1):42-6.
81. Schnitman P, Shulman L. Dental implants. Benefit and risk. *National Institutes of Health consensus development conference summaries*. 1977;1:13-9.
82. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, Darius P. A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;67(2):236-45.
83. Sennerby L, Meredith N. Resonance frequency analysis: measuring implant stability and osseointegration. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ : 1995)*. 1998;19(5):493-8, 500, 2; quiz 4.
84. Gomez-Polo M, Ortega R, Gomez-Polo C, Martin C, Celemin A, Del Rio J. Does Length, Diameter, or Bone Quality Affect Primary and Secondary Stability in Self-Tapping Dental Implants? *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons*. 2016;74(7):1344-53.
85. Brignardello-Petersen R. Probing depth and implant location are risk factors for bleeding on probing around dental implants. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2017;148(5):e60.
86. Greenstein G, Caton J, Polson AM. Histologic characteristics associated with bleeding after probing and visual signs of inflammation. *Journal of periodontology*. 1981;52(8):420-5.
87. Müller H-P. *Checklisten der Zahnmedizin: Parodontologie*. Stuttgart: Thieme Verlag; 2012.
88. Farina R, Filippi M, Brazzioli J, Tomasi C, Trombelli L. Bleeding on probing around dental implants: a retrospective study of associated factors. *Journal of clinical periodontology*. 2017;44(1):115-22.

89. Behneke A, Behneke N, d'Hoedt B, Wagner W. Hard and soft tissue reactions to ITI screw implants: 3-year longitudinal results of a prospective study. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 1997;12(6):749-57.
90. Todescan S, Lavigne S, Kelekis-Cholakakis A. Guidance for the maintenance care of dental implants: clinical review. *Journal (Canadian Dental Association)*. 2012;78:c107.
91. Mombelli A, van Oosten MA, Schurch E, Jr., Land NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral microbiology and immunology*. 1987;2(4):145-51.
92. Schiegnitz E, Kammerer PW. Systemische Erkrankungen als Risiko für die Implantattherapie. *Quintessenz: Implantologie*. 2012;2.
93. M DIG, Calcaterra R, R DIG, Arcuri C, Baggi L. Bone level changes around platform switching and platform matching implants: a systematic review with meta-analysis. *ORAL & implantology*. 2016;9(1):1-10.
94. Chrcanovic BR, Kisch J, Albrektsson T, Wennerberg A. A retrospective study on clinical and radiological outcomes of oral implants in patients followed up for a minimum of 20 years. *Clinical implant dentistry and related research*. 2018;20(2):199-207.
95. Meijer HJ, Steen WH, Bosman F. Standardized radiographs of the alveolar crest around implants in the mandible. *The Journal of prosthetic dentistry*. 1992;68(2):318-21.
96. Tal H, Moses O. A comparison of panoramic radiography with computed tomography in the planning of implant surgery. *Dento maxillo facial radiology*. 1991;20(1):40-2.
97. Slade GD, Spencer AJ. Development and evaluation of the Oral Health Impact Profile. *Community dental health*. 1994;11(1):3-11.
98. John MT, Hujoel P, Miglioretti DL, LeResche L, Koepsell TD, Micheelis W. Dimensions of oral-health-related quality of life. *Journal of dental research*. 2004;83(12):956-60.
99. John MT, Micheelis W, Biffar R. [Reference values in oral health-related quality of life for the abbreviated version of the Oral Health Impact Profile]. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin = Revue mensuelle suisse d'odontostomatologie = Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*. 2004;114(8):784-91.
100. Schropp L, Wenzel A, Kostopoulos L, Karring T. Bone healing and soft tissue contour changes following single-tooth extraction: a clinical and radiographic 12-month prospective study. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2003;23(4):313-23.
101. Sierra-Sanchez JL, Martinez-Gonzalez A, Garcia-Sala Bonmati F, Manes-Ferrer JF, Brotons-Oliver A. Narrow-diameter implants: are they a predictable treatment option? A literature review. *Medicina oral, patologia oral y cirugia bucal*. 2014;19(1):e74-81.
102. Schiegnitz E, Al-Nawas B. Narrow-diameter implants: A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research*. 2018;29 Suppl 16:21-40.
103. Veltri M, Ferrari M, Balleri P. One-year outcome of narrow diameter blasted implants for rehabilitation of maxillas with knife-edge resorption. *Clinical oral implants research*. 2008;19(10):1069-73.
104. Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, et al. Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant dentistry*. 2008;17(1):5-15.

105. Herrmann J, Hentschel A, Glauche I, Vollmer A, Schlegel KA, Lutz R. Implant survival and patient satisfaction of reduced diameter implants made from a titanium-zirconium alloy: A retrospective cohort study with 550 implants in 311 patients. *J Craniomaxillofac Surg.* 2016;44(12):1940-4.
106. Romeo E, Lops D, Amorfini L, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G. Clinical and radiographic evaluation of small-diameter (3.3-mm) implants followed for 1-7 years: a longitudinal study. *Clinical oral implants research.* 2006;17(2):139-48.
107. Ma M, Qi M, Zhang D, Liu H. The clinical performance of narrow diameter implants versus regular diameter implants: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of oral implantology.* 2019.
108. Yang G, Chen L, Gao Y, Liu H, Dong H, Mou Y. Risk factors and reoperative survival rate of failed narrow-diameter implants in the maxillary anterior region. *Clinical implant dentistry and related research.* 2019.
109. French D, Larjava H, Ofec R. Retrospective cohort study of 4591 Straumann implants in private practice setting, with up to 10-year follow-up. Part 1: multivariate survival analysis. *Clinical oral implants research.* 2015;26(11):1345-54.
110. Al-Nawas B, Domagala P, Fragola G, Freiburger P, Ortiz-Vigon A, Rousseau P, et al. A Prospective Noninterventional Study to Evaluate Survival and Success of Reduced Diameter Implants Made From Titanium-Zirconium Alloy. *The Journal of oral implantology.* 2015;41(4):e118-25.
111. Arisan V, Bolukbasi N, Ersanli S, Ozdemir T. Evaluation of 316 narrow diameter implants followed for 5-10 years: a clinical and radiographic retrospective study. *Clinical oral implants research.* 2010;21(3):296-307.
112. Kim S, Jung UW, Cho KS, Lee JS. Retrospective radiographic observational study of 1692 Straumann tissue-level dental implants over 10 years: I. Implant survival and loss pattern. *Clinical implant dentistry and related research.* 2018;20(5):860-6.
113. Levine RA, McAllister BS, Miller RJ, Gottesman E, Holt RL, Keeney KR, et al. A Prospective Clinical Study on Implant Survival at 1-Year Post-Loading of a Bone-Level Tapered Implant in Private Practice: Multicentered Study. *Compendium of continuing education in dentistry (Jamesburg, NJ : 1995).* 2019;40(10):678-91.
114. Al-Nawas B, Kammerer PW, Morbach T, Ladwein C, Wegener J, Wagner W. Ten-year retrospective follow-up study of the TiOblast dental implant. *Clinical implant dentistry and related research.* 2012;14(1):127-34.
115. Spiekermann H, Jansen VK, Richter EJ. A 10-year follow-up study of IMZ and TPS implants in the edentulous mandible using bar-retained overdentures. *The International journal of oral & maxillofacial implants.* 1995;10(2):231-43.
116. de Souza JG, Bianchini MA, Ferreira CF. Relationship between smoking and bleeding on probing. *The Journal of oral implantology.* 2012;38(5):581-6.
117. Alasqah MN, Alfawaz YF, Aldahiyan N, Vohra F, Alotaibi BM, Abduljabbar T. Longitudinal assessment of clinical and radiographic periimplant status around narrow and regular diameter implants placed in cigarette-smokers and nonsmokers. *Clinical implant dentistry and related research.* 2019;21(5):910-5.
118. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *Journal of periodontology.* 2018;89 Suppl 1:S267-s90.
119. Serino G, Turri A, Lang NP. Probing at implants with peri-implantitis and its relation to clinical peri-implant bone loss. *Clinical oral implants research.* 2013;24(1):91-5.
120. Al-Shibani N, Al-Aali KA, Al-Hamdan RS, Alrabiah M, Basunbul G, Abduljabbar T. Comparison of clinical peri-implant indices and crestal bone levels

- around narrow and regular diameter implants placed in diabetic and non-diabetic patients: A 3-year follow-up study. *Clinical implant dentistry and related research*. 2019;21(2):247-52.
121. Naujokat H, Kunzendorf B, Wiltfang J. Dental implants and diabetes mellitus-a systematic review. *International journal of implant dentistry*. 2016;2(1):5.
122. Schiegnitz E, Al-Nawas B, Kammerer PW, Grotz KA. Oral rehabilitation with dental implants in irradiated patients: a meta-analysis on implant survival. *Clin Oral Investig*. 2014;18(3):687-98.
123. Thoma DS, Maggetti I, Waller T, Hammerle CHF, Jung RE. Clinical and patient-reported outcomes of implants placed in autogenous bone grafts and implants placed in native bone: A case-control study with a follow-up of 5-16 years. *Clinical oral implants research*. 2019;30(3):242-51.
124. Sbordone C, Toti P, Martuscelli R, Guidetti F, Sbordone L, Ramaglia L. A 5-Year Implant Follow-Up in Maxillary and Mandibular Horizontal Osseous Onlay Grafts and Native Bone. *The Journal of oral implantology*. 2015;41(5):570-8.
125. Arabiah M. Comparison of survival rate and crestal bone loss of narrow diameter dental implants versus regular dental implants: A systematic review and meta-analysis. *J Investig Clin Dent*. 2019;10(1):e12367.
126. de Souza AB, Sukekava F, Tolentino L, Cesar-Neto JB, Garcez-Filho J, Araujo MG. Narrow- and regular-diameter implants in the posterior region of the jaws to support single crowns: A 3-year split-mouth randomized clinical trial. *Clinical oral implants research*. 2018;29(1):100-7.
127. Attia S, Schaper E, Schaaf H, Pons-Kuhnemann J, Schlenz MA, Streckbein P, et al. Evaluation of Implant Success in Patients with Dental Aplasia. *BioMed research international*. 2019;2019:1680158.
128. Fuglsig J, Schropp L, Thorn JJ, Ingerslev J, Wenzel A, Spin-Neto R. Long-term radiographic assessment of titanium implants installed in maxillary areas grafted with autogenous bone blocks using two predefined sets of success criteria. *Clinical implant dentistry and related research*. 2019;21(5):845-52.
129. Pandolfi A, Rinaldo F, Pasqualotto D, Sorrentino F, La Torre G, Guerra F. A retrospective cohort study on peri-implant complications in implants up to 10 years of functional loading in periodontally compromised patients. *Journal of periodontology*. 2019.
130. Ghazal SS, Huynh-Ba G, Aghaloo T, Dibart S, Froum S, O'Neal R, et al. A Randomized, Controlled, Multicenter Clinical Study Evaluating The Crestal Bone Level Change Of SLActive Bone Level O 3.3 mm Implants Compared To SLActive Bone Level O 4.1 mm Implants For Single-Tooth Replacement. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2019;34(3):708-18.
131. Buser D, Ingimarsson S, Dula K, Lussi A, Hirt HP, Belser UC. Long-term stability of osseointegrated implants in augmented bone: a 5-year prospective study in partially edentulous patients. *The International journal of periodontics & restorative dentistry*. 2002;22(2):109-17.
132. Nickenig HJ, Wichmann M, Terheyden H, Kreppel M. Oral health-related quality of life and implant therapy: A prospective multicenter study of preoperative, intermediate, and posttreatment assessment. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016;44(6):753-7.
133. Ponsi J, Lahti S, Rissanen H, Oikarinen K. Change in subjective oral health after single dental implant treatment. *The International journal of oral & maxillofacial implants*. 2011;26(3):571-7.
134. Cosola S, Marconcini S, Giammarinaro E, Poli GL, Covani U, Barone A. Oral health-related quality of life and clinical outcomes of immediately or delayed

loaded implants in the rehabilitation of edentulous jaws: a retrospective comparative study. *Minerva Stomatol.* 2018;67(5): 189-95.

135. Doornewaard R, Glibert M, Matthys C, Vervaeke S, Bronkhorst E, de Bruyn H. Improvement of Quality of Life with Implant-Supported Mandibular Overdentures and the Effect of Implant Type and Surgical Procedure on Bone and Soft Tissue Stability: A Three-Year Prospective Split-Mouth Trial. *J Clin Med.* 2019;8(6).

136. Reisine S, Freilich M, Ortiz D, Pendrys D, Shafer D, Taxel P. Quality of life improves among post-menopausal women who received bone augmentation during dental implant therapy. *International journal of oral and maxillofacial surgery.* 2012;41(12):1558-62.

137. Gift HC, Atchison KA. Oral health, health, and health-related quality of life. *Med Care.* 1995;33(11 Suppl):Ns57-77.



## 8 Fragebögen

### 8.1 Selbsterstellter Fragebogen

## Fragebogen

Pat. Nr. + Aufkleber

Patient: \_\_\_\_\_  
Name Vorname Geburtsdatum

Anschrift: \_\_\_\_\_  
Straße Ort PLZ

Telefon: \_\_\_\_\_  
Privat Mobil

Allgemeinerkrankungen: *Diabetes:*  Ja  Nein  
*Bestrahlung:*  Ja  Nein  
*Osteoporose:*  Ja  Nein  
*Raucher:*  Ja  Nein  
 (wenn ja, wie viele Packungen pro Tag und seit wann Rauchen Sie? \_\_\_\_\_)

*Infektionskrankheiten (z.B. HIV, Tuberkulose usw.):*

\_\_\_\_\_

*Sonstige:* \_\_\_\_\_

Fragen:

1. Waren Sie Regelmäßig zur Nachkontrolle? \_\_\_\_\_

2. Würden Sie nochmal hier ein Implantat Setzen lassen? \_\_\_\_\_

3. Wie viele Implantate haben Sie insgesamt bekommen und verloren?  
 \_\_\_\_\_

4. Auf einer Skala von 1-10 (10 = höchstes; 1 = niedrigstes)

Wie bewerten Sie selbst Ihr Implantat? \_\_\_\_\_

Wie bewerten Sie die Operation? \_\_\_\_\_

Wie bewerten Sie die prothetische Versorgung? \_\_\_\_\_

Wie stark belasten Sie Ihr Implantat? \_\_\_\_\_

Wie gut ist Ihre Mundhygiene? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
 Datum; Unterschrift Patient

## 8.2 OHIP-G 14 Fragebogen

**OHIP-G 14****– Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität –**

Bitte prüfen Sie für jede der folgenden Aussagen, wie sehr die beschriebene Situation für Sie persönlich zutrifft. Kreuzen Sie bitte für jede Aussage eine Zahl an.

<b>Hatten Sie im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz ...</b>	<b>sehr oft</b>	<b>oft</b>	<b>ab und zu</b>	<b>kaum</b>	<b>nie</b>
Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen? .....	4	3	2	1	0
das Gefühl, Ihr Geschmackssinn war beeinträchtigt?.....	4	3	2	1	0
den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufriedenstellend war?.....	4	3	2	1	0
Schwierigkeiten zu entspannen?.....	4	3	2	1	0

<b>Ist es im vergangenen Monat aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz vorgekommen, ...</b>	<b>sehr oft</b>	<b>oft</b>	<b>ab und zu</b>	<b>kaum</b>	<b>nie</b>
dass Sie sich angespannt gefühlt haben? .....	4	3	2	1	0
dass Sie Ihre Mahlzeiten unterbrechen mussten?.....	4	3	2	1	0
dass es Ihnen unangenehm war, bestimmte Nahrungsmittel zu essen?	4	3	2	1	0
dass Sie anderen Menschen gegenüber eher reizbar gewesen sind?.....	4	3	2	1	0
dass es Ihnen schwergefallen ist, Ihren alltäglichen Beschäftigungen nachzugehen?.....	4	3	2	1	0
dass Sie vollkommen unfähig waren, etwas zu tun?.....	4	3	2	1	0
dass Sie sich ein wenig verlegen gefühlt haben?.....	4	3	2	1	0
dass Ihre Ernährung unbefriedigend gewesen ist? .....	4	3	2	1	0

<b>Hatten Sie im vergangenen Monat ...</b>	<b>sehr oft</b>	<b>oft</b>	<b>ab und zu</b>	<b>kaum</b>	<b>nie</b>
Schmerzen im Mundbereich?.....	4	3	2	1	0
ein Gefühl der Unsicherheit in Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?.....	4	3	2	1	0

**Vielen Dank!**

## 9 Danksagung

Mein erster Dank gilt dem Leiter der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - plastische Operationen - der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz für das Überlassen des Themas.

Einen besonderen Dank gilt meinem Betreuer für die ausgezeichnete Betreuung und Zeitinvestition. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht zustande gekommen.

Weiterer Dank gilt den Mitarbeitern der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie - plastische Operationen - der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, die bei der Organisation der Nachuntersuchungen der Patienten geholfen haben. Hier auch ein Dank an alle Patienten, welche sich die Zeit für die Teilnahme an dieser Studie nahmen.

Mein größter Dank gilt meiner Familie - meinen Eltern und meinen Geschwistern, welche mich immer unterstützten und förderten. Diese Arbeit ist ihnen gewidmet.

## 10 Tabellarischer Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name	Philipp Hellwich
Geburtsdatum/ -ort	12.11.1994, Worms
Staatsangehörigkeit	deutsch
Adresse	Berliner Straße 33B 55131 Mainz

### Akademischer Werdegang

Seit 01/2019	Promotion an der Universitätsmedizin Mainz im Bereich der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie
11/2019	Staatsexamen der Zahnmedizin mit „sehr gut“ an der Universitätsmedizin Mainz
10/2014 - 11/2019	Studium der Zahnmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität und Universitätsmedizin Mainz
03/2014	Abitur am Landeskunstgymnasium Alzey

### Berufserfahrung & Weiterbildung

Seit 07/2020	Assistenz Zahnarzt in Eisenberg
04/2019 - 07/2019	Zusatzkurs „Mein erstes Implantat“
10/2018 - 03/2019	Notdiensthelfer an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten der Universitätsmedizin Mainz
01/02/2019	Zusatzkurs „Cerec 3D Curriculum“
06/2013 - 09/2018	Teilzeitbeschäftigung in kieferorthopädischer Praxis
16/02/2018	Zusatzkurs „Akute Notfälle und Erste ärztliche Hilfe“
10/2014 - 03/2017	Vorklinischer Fachschaftsrat Leiter

### Fähigkeiten & Interessen

Deutsch	Muttersprache
Englisch	Fortgeschritten
Hobbys	Tennis, Wakeboard, Ski, Kultur (Theater & Reisen)