

**Klinischer Vergleich zwischen  
Bone Level und Tissue Level Implantaten  
bei Patient\*innen in einer parodontologischen  
Fachpraxis**

**Eine retrospektive Langzeitstudie**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Hohen Medizinischen Fakultät  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn

**Lea Jung**

aus Bonn

2023

Angefertigt mit der Genehmigung  
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Søren Jepsen

2. Gutachter: PD Dr. med. dent. Ernst-Heinrich Helfgen

Tag der mündlichen Prüfung: 11.09.2023

Aus der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde  
Direktor: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Søren Jepsen

Meiner Familie



## Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	7
<b>1. Einleitung</b> .....	9
1.1 Einführung .....	9
1.2 Das Implantatdesign .....	12
1.3 Zahnersatz auf Implantaten .....	16
1.4 Anatomie der periimplantären Gewebe .....	17
1.5 Periimplantäre Erkrankungen .....	20
1.6 Fragestellung und Ziele der Arbeit .....	22
<b>2. Material und Methoden</b> .....	23
2.1 Studiendesign .....	23
2.2 Einschlusskriterien .....	24
2.3 Ausschlusskriterien .....	25
2.4 Evaluierete Parameter .....	27
2.4.1 Patientenspezifische Faktoren .....	28
2.4.2 Implantatspezifische Faktoren .....	31
2.5 Periimplantäre Erkrankungen .....	34
2.5.1 Definition Sondierungsblutung (BOP) .....	34
2.5.2 Mukositis .....	34
2.5.3 Peri-implantitis .....	35
2.5.4 Erfolgsdefinition .....	35
2.7 Radiologische Diagnostik .....	35
2.8 Statistische Methoden .....	37
<b>3. Ergebnisse</b> .....	39
3.1 Deskriptive Ergebnisse des Patient*innenkollektivs .....	39
3.3 Prävalenz der periimplantären Erkrankungen .....	56
3.3.1 Mukositis .....	56
3.3.2 Peri-implantitis .....	56
3.4 Implantatkomplikationen .....	57
3.4.1 Biologische Komplikationen .....	57

3.4.2	Technische Komplikationen .....	59
3.5	Implantaterfolg .....	60
3.5.1	Einflüsse auf den Knochenabbau .....	60
<b>4.</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>63</b>
4.1	Diskussion des Patientenkollektivs und des Studiendesigns.....	64
4.2	Diskussion der Implantatbefunde.....	66
4.3	Diskussion der periimplantären Erkrankungen .....	72
4.3.1	Mukositis .....	72
4.3.2	Peri-implantitis.....	73
4.4	Diskussion über Implantatkomplikationen.....	76
4.4.1	Biologische Komplikationen .....	76
4.4.2	Technische Komplikationen .....	77
4.5	Diskussion des Recalleinflusses .....	78
4.6	Diskussion des Implantaterfolgs .....	78
4.7	Schlussfolgerung.....	80
<b>5.</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>81</b>
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>83</b>
<b>7.</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>111</b>
<b>8.</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>111</b>
<b>9.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>120</b>
<b>10.</b>	<b>Danksagung</b> .....	<b>126</b>

## Abkürzungsverzeichnis

BL	<i>engl.: bone level</i>
BOP	<i>engl.: bleeding on probing</i>
CAD	<i>engl.: computer aided design</i>
CAM	<i>engl.: computer aided manufacturing</i>
DGÄZ	Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnmedizin
DGParo	Deutsche Gesellschaft für Parodontologie
DGPro	Deutsche Gesellschaft für Prothetik und Biomaterialien
DMS	Deutsche Mundgesundheitsstudie
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EWP	<i>engl.: European Workshop of Periodontology</i>
<b>n</b>	Anzahl
NC	<i>engl.: narrow crossFit<sup>®</sup></i>
NN	<i>engl.: narrow neck</i>
OK	Oberkiefer
PA	Parodontologie
RC	<i>engl.: regular crossFit</i>
RN	<i>engl.: regular neck</i>
SLA <sup>®</sup>	<i>engl.: sandblasting with large grit followed by acid etching</i>
SLActive <sup>®</sup>	<i>engl.: sand-blasted, large grit, acid-etched, chemically active and hydrophilic</i>

SPSS	<i>engl.: statistical package for the social sciences</i>
SD	Standardabweichung
TL	<i>engl.: tissue level</i>
TPS	Titan Plasmabeschichtetes Schraubenimplantat
UK	Unterkiefer
WN	<i>engl.: wide neck</i>
$\eta^2$	partielles Eta-Quadrat
x	arithmetischer Mittelwert
ZE	Zahnersatz

## 1. Einleitung

### 1.1 Einführung

Noch immer verlieren zahlreiche Menschen im Laufe ihres Lebens Zähne. Im Rahmen der fünften deutschen Mundgesundheitsstudie wird dies besonders in der Altersgruppe 65 bis 74 sichtbar (DMS V, 2016). Allerdings erkennt man in dieser Gruppe auch einen Trend hin zum festsitzenden Zahnersatz. Von 1997 (DMS III) über 2005 (DMS IV) bis 2016 (DMS V) hat es hier einen prozentualen Anstieg von 0,7 % auf 2,6 % zu 8 % gegeben. Dies wurde unter anderem durch die Verwendung von dentalen Implantaten möglich.

Obwohl die Entwicklung der dentalen Implantologie bereits bis in das 5. Jahrtausend v. Chr. zurückverfolgt werden kann (Watzek und Mailath-Pokorny, 2000), wurde sie von der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) erst 1982 als Therapiemaßnahme anerkannt (DGZMK, 2005). Bereits damals dienten Implantate als Verankerungselemente zum Ersatz der fehlenden Zahnwurzel. Zunächst wurden dadurch herausnehmbare Prothesen auf zahnlosen Kiefern verankert. Diese technische Entwicklung zeigte sowohl bei Patienten, als auch bei Zahnärzten steigendes Interesse. Die dentale Implantologie entwickelte sich weltweit rasant weiter, immer mehr Indikationen konnten mit Implantaten versorgt werden. Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Implantatformen propagiert. Bereits im frühen 20. Jahrhundert wurde käfigartige Implantate (Greenfield, 2008), nadelartige Implantate (Scialom, 1965; Pruin, 1974) und blattförmige Implantate (Linkow, 1972) vorgestellt. Schroeder entwickelte 1976 das Hohlformzylinderimplantat (Schroeder et al., 1976). Zur Erweiterung des Therapiespektrums der prothetischen Versorgung zahnloser oder teil-bezahnter Kieferabschnitte beschrieb Schulte das Tübinger Sofortimplantat (Schulte et al., 1978) und ermöglichte der oralen Implantologie in Deutschland ihren Aufschwung. Von 1969 an wurde die dentale Implantologie basierend auf den Erkenntnissen von Per Ingvar Brånemark geprägt (Brånemark et al., 1969). Er implantierte eine Titan-Zylinderschraube in menschlichen Kieferknochen und beschrieb die knöcherne Verankerung des Implantats als „Osseointegration“ (Brånemark et al., 1977). Hierbei handelt es sich um eine ankylotische Verbindung zwischen dem bestehenden, vitalen Knochen und der Oberfläche eines mit einer Supra-

konstruktion versorgten Implantates ohne bindegewebige Umscheidung. Schroeder konnte seinerseits durch neue histologische Technologien als Erster den direkten Knochenkontakt histologisch nachweisen und bezeichnete diesen Zustand als „funktionelle Ankylose“ (Schroeder et al., 1981).

Weitere Modifikationen gab es nicht nur bezüglich der Implantatformen, sondern auch bei der Oberflächengestaltung der oralen enossalen Implantatsysteme. Eine Erhöhung des Knochenkontakts durch Vergrößerungen der Oberfläche und eine gesteigerte Osteokonduktion zu einer Stabilitätssteigerung sollten zu langen Überlebenserfolgen der Implantate führen (Wagner und Al-Nawas, 2004). Neben unterschiedlichen Verfahren, die Implantatoberfläche weiter zu optimieren, wurde das ursprünglich maschinell bearbeitete Brånemark-Implantat anodisch oxidiert und somit durch eine Titan-Oxid-Beschichtung abgelöst (TiUnite<sup>®</sup>) (Al-Nawas, 2004). Die auf Brånemark zurückgehenden Implantate wurden immer als knochenbündiges Implantatsystem konzipiert, bei denen die Implantat-Prothetik-Schnittstelle auf Höhe des Kieferknochens lag. Studien zeigten bereits hier eine hohe Überlebensrate der oberflächenbehandelten Titanimplantate von 97 % nach 5 Jahren (Brånemark et al., 1969). Raue Oberflächen wurden fortan für die Osseointegration von enossalen Implantaten weiterentwickelt (Cooper et al., 1998; von Recum und van Kooten, 1995; Kieswetter et al., 1996a; Kieswetter et al., 1996b; Davies, 1996; Martin et al., 1995). Die Mikrooberflächenstruktur wurde in den 90er Jahren weiter modifiziert, sodass schließlich das Titan-Plasma-beschichtete Implantat eingeführt wurde. Dadurch konnte eine Oberflächenvergrößerung um das Sechsfache gegenüber der Titan-Oxid-beschichteten Implantate erreicht werden. Die Firma Straumann führte 1998 die SLA<sup>®</sup>-Oberflächen ein, welche durch Sandstrahlen und Säureätzung hergestellt wurde. Durch diese Modifikation konnte die Einheilphase im Gegensatz zu den bereits bewährten Titan-Plasma-beschichteten Implantaten um die Hälfte reduziert werden (Germanier et al., 2006; Ferguson et al., 2006; Rupp et al., 2006; Buser et al., 2004). Nur 8 Jahre später wurde eine erneute Modifikation dieser Oberfläche, die SLActive<sup>®</sup> Struktur, vorgestellt.

Heute basiert das Straumann Dental Implantat System nur noch auf Vollschrauben, denn bei fortgeschrittener Implantat-Liegezeit entwickelten sich bei den Hohlzylinder-

implantaten häufiger therapieresistente Infektionen an den Perforationen des Implantatkörpers (Behneke et al., 1997).

Die Straumann Implantate sind in erster Linie für die transgingivale Einheilung konzipiert (Schroeder et al., 1994). Dabei wurde der aus dem Knochen herausragende krestale Anteil der Implantatoberfläche nicht angeraut, so dass zunächst eine glatte, maschinierete Oberfläche von 2,8 mm unterhalb der Implantat-Prothetik-Schnittstelle verblieb. Bei dünneren Schleimhautverhältnissen traten häufig Expositionen dieses krestalen Implantatanteils auf, so dass die maschinierete Oberfläche auf 1,8 mm verkürzt wurde, damit die Implantate tiefer in den Knochen inseriert werden konnten.

Die Erwartungen an die Implantate entwickelten sich zunehmend. Es wurden nicht mehr die Implantat-Überlebenszeiten sondern die Implantat-Erfolge untersucht. Bei allen untersuchten Implantaten zeigte sich, dass raue Oberflächen bei Exposition zu einer Plaqueakkumulation führen (Bollen et al., 1996). Bakterien gelangen von marginal unter das Zahnfleisch und können dadurch zu einer Entzündung der periimplantären Weich- und Hartgewebe mit Knochenabbau (Peri-implantitis) führen. Deshalb kam es im Jahr 2007 / 2008 zu einem Paradigmenwechsel in Bezug auf knochenbündige Implantate. Das sogenannte „Platform-Switching“ wurde eingeführt, ein räumlicher Versatz zwischen Suprastruktur und Implantatkörper (Lazzara und Porter, 2006). Die initiale Knochenresorption sollte nach Möglichkeit vermieden werden, indem Bakterien durch den Versatz der Zugang zur rauhen Implantatoberfläche erschwert wird (Al-Nsour et al., 2012; Guerra et al., 2014). Durch das Platform-Switching wird eine Verschiebung der Schnittstelle (Interface) zwischen Implantat und Abutment nach medial bewirkt, wodurch das Abutment nicht auf der Außenkante aufsitzt, sondern nach zentral versetzt liegt. Der potenziell bakteriell besiedelte Mikrospace im Implantat-Abutment-Interface rückt von der biologisch relevanten Knochenkante weg. Zahlreiche Studien kamen zu dem Ergebnis, dass sich Platform-Switching positiv auf das periimplantäre Weichgewebe auswirkt und Knochenabbau minimiert (Vela-Nebot et al., 2006; Trammell et al., 2009; Canullo et al., 2011; Baffone et al., 2012; Canullo et al., 2012; Strietzel et al., 2015). Zahlreiche Studien belegen, dass das Platform-Switching-Design die Knochenresorptionen minimiert (Atieh et al., 2010; Herekar et al., 2014; Strietzel et al., 2014). Allerdings weisen andere

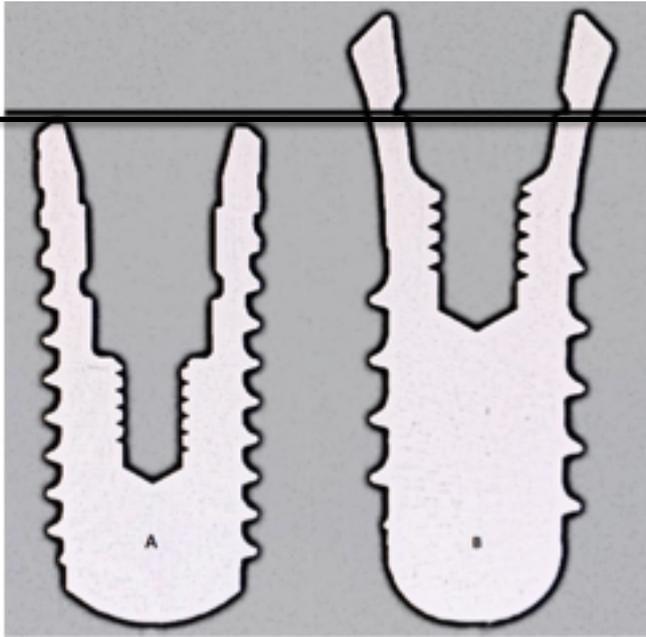
Studien darauf hin, dass das Platform-Switching ein Risikofaktor für Knochenverluste an Implantaten sein könnte (Canullo et al., 2012; Kutan-Misirlioglu et al., 2014; Jo et al., 2014; Linkevicius et al., 2018).

Von der Firma Straumann wurde im Jahr 2007 das „Bone Level“ Implantat mit dem Anspruch vorgestellt, das erste knochenbündige Implantat in der Firmengeschichte zu sein, das mit seinem neuartigen Design durch Platform-Switching den Erhalt des krestalen Knochens gewährleisten würde.

## 1.2 Das Implantatdesign

Betrachtet man heutzutage die modernen Implantate, so fällt auf, dass die Grundform als Schraube, Zylinder oder Konus ausgerichtet ist (Schroeder und Buser, 1994; Strub et al., 1994). Implantate sind vom Prinzip künstliche Zahnwurzeln (Spiekermann et al., 1994) und bilden das Fundament des Implantat-gestützten Zahnersatzes. Sie werden im Kieferknochen verankert und bieten durch die orale Mukosa reichend eine Schnittstelle für den darüber befestigten Zahnersatz, der meist mithilfe eines passgenauen Verbindungsstücks (Abutment) verbunden wird. Das Verbindungsstück kann bereits im Implantat integriert sein. Diese Form wird als einteiliges Implantat bezeichnet, wohingegen das zweiteilige Implantat mit dem Abutment verschraubt werden muss. Dadurch entsteht bei den zweiteiligen Implantaten ein Mikropalt von etwa 50-100 µm (Rack et al., 2010), dessen Dimension durch einwirkende Kräfte beeinflusst werden kann (Zipprich et al., 2007).

Bei den in der vorliegenden Arbeit untersuchten zweiteiligen Implantaten handelt es sich zum einen um das „Bone Level“ Implantat und zum anderen um das „Tissue Level“ Implantat. (Abb. 1).



**Abb. 1:** Schematische Darstellung eines „Bone Level“ (A) und eines „Tissue Level“ (B) Implantates in Bezug zum Knochenniveau (schwarze Linie)

Die beiden hier untersuchten Implantatsysteme sind bezüglich des Durchmessers, der Länge und der Oberfläche vergleichbar. Sie sind mit einem Implantatdurchmesser von 3,3 mm, 4,1 mm und 4,8 mm erhältlich. Die Länge variiert in 2 mm Schritten von 8 mm über 10 mm bis hin zu 12 mm, dabei hatten die Bone Level Implantate die modernere SLActive<sup>®</sup>-Oberfläche und die verwendeten Tissue Level Implantate die herkömmliche SLA<sup>®</sup>-Oberfläche.

Das Straumann Bone Level Implantat ist eigentlich ein konisches Implantat, da es nur über sein Gewinde eine zylindrische Form erhält. Der Implantatdurchmesser steigt von der Spitze zum Hals hin an und die Gewindetiefe nimmt ab. Die Gewindeganghöhe beträgt 0,8 mm.

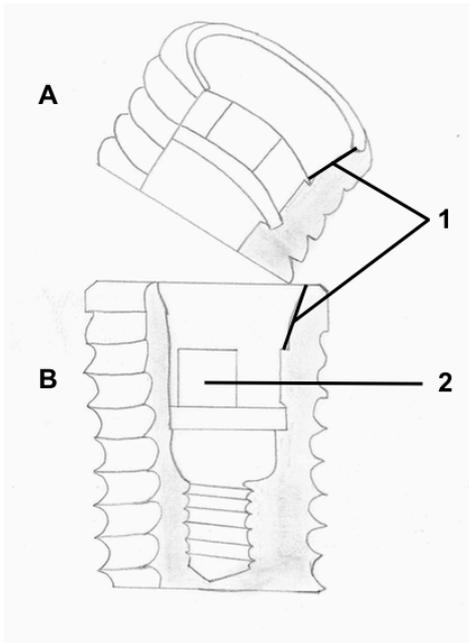
Die Prothetik-Schnittstelle ist über ein Platform-Switching abhängig von dem Implantatdurchmesser nach innen versetzt. Charakteristisch für das Bone Level Implantat ist die konisch-zylindrische 15° CrossFit<sup>®</sup>-Verbindung. Sie ermöglicht durch vier innen liegende Nuten eine verriegelte Reibungspassung zwischen dem Implantat und der prothetischen Suprakonstruktion (Coelho et al., 2007). Die sekundären Komponenten bei den Cross-Fit<sup>®</sup> Verbindungen unterscheiden sich je nach Implantatdurchmesser. Die Bone Level

Implantate mit einem Durchmesser von 3,3 mm haben eine Narrow CrossFit® Verbindung (NC). Eine Regular CrossFit® Verbindung (RC) weisen wiederum die Implantate mit einem Durchmesser von 4,1 mm und 4,8 mm auf.

Das Implantat ist bis über die 45° abgeschrägte Kante mit einer rauen Oberfläche versehen. Die untersuchten Bone Level Implantate hatten alle eine SLActive®-Oberfläche, durch die hydrophile Eigenschaften entstehen sollen (Buser et al., 1991; Cochran et al., 1998).

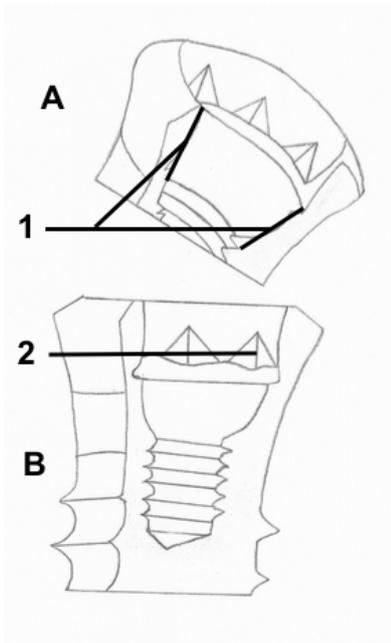
Die SLActive®-Oberfläche ist eine chemisch modifizierte, sandgestrahlte und säuregeätzte Titanoberfläche (SLActive®, Straumann® Dental Implant System, Institut Strauman® AG, Basel, Schweiz). Die Innovation dieser Oberfläche besteht in ihrer hydrophilen Eigenschaft. Durch die Verarbeitung unter einer Stickstoff-Atmosphäre und der Lagerung in einer isotonischen Salzlösung kann diese Oberflächeneigenschaft bis zur Implantatinsertion konserviert werden.

Das Bone Level Implantat (Abb. 2) wird knochenbündig inseriert und verbleibt während der Einheilphase meistens unterhalb der oralen Mukosa. Bei ausreichend stabilen Schleimhautverhältnissen ist auch eine transgingivale Einheilung mit entsprechenden Verschlusskappen möglich (Saber et al., 2012).



**Abb. 2:** Konstruktionsskizze eines Straumann Bone Level Implantats; 1= 15° Konische Verbindung; 2= 4 Nuten als Rotationssicherungselemente im Implantat; A: von schräg oben mit Querschnittsansicht zwischen 4 und 8 Uhr; Implantatansicht B: seitlich mit Querschnittsansicht von 90° bis 45°

Das Tissue Level Implantat (Abb. 3) wird in unterschiedlichen Formen produziert. In dem vorhandenen Untersuchungskollektiv wurden nur zylinderförmige Straumann® Standard Plus Implantate mit Durchmessern von 3,3 mm, 4,1 mm und 4,8 mm verwendet. Das Straumann® Standard Plus Implantat weist eine glatte, maschinerte Halspartie von 1,8 mm auf. Die Gewindesteigung beträgt bei einem Durchmesser von 3,3 mm 1 mm. Für alle anderen Durchmesser liegt eine Gewindesteigung von 1,25 mm vor.



**Abb. 3:** Konstruktionsskizze eines Tissue Level Implantats, 1= 8° Konuswinkel; 2= Innenachtkant; Implantatansicht A: von schräg oben mit Querschnittsansicht zwischen 4 und 8 Uhr; Implantatansicht B: seitlich mit Querschnittsansicht von 90° bis 45°

Die Abutment-Schnittstelle findet außenwandbündig statt. Nach trichterförmigen Aufweitungen werden die Plattformen nach dem Schulterdurchmesser in das Regular Neck (RN) mit 4,8 mm Durchmesser und das Wide Neck (WN) mit 6,5 mm Durchmesser unterteilt. Das Innendesign wurde 1999 von der Firma Straumann als synOcta<sup>®</sup>-Konzept entwickelt. Hierbei soll durch einen 8° Morsekonus im Sekundärteil und durch einen Achtkant im Implantatinneren eine bessere Friktionspassung, eine verbesserte Kraftverteilung und eine Reduktion von Frakturen und Lockerung des Sekundärteils ermöglicht werden. Durch den größeren Durchmesser der Implantat-Plattform findet eine flächigere Abstützung der Suprastruktur gegenüber dem Bone Level Implantat statt.

### 1.3 Zahnersatz auf Implantaten

Der Zahnersatz wird bei allen Implantaten der Firma Straumann über ein Abutment verbunden. Dabei können die Implantat-getragenen Restaurationen entweder verschraubt oder zementiert werden (Michalakakis et al., 2003). Anfänglich standen zur prothetischen Versorgung nur konfektionierte Standardabutments zur Verfügung. Eine optimale Weichgewebsunterstützung und ein besserer Ausgleich von Angulations- und Positions-

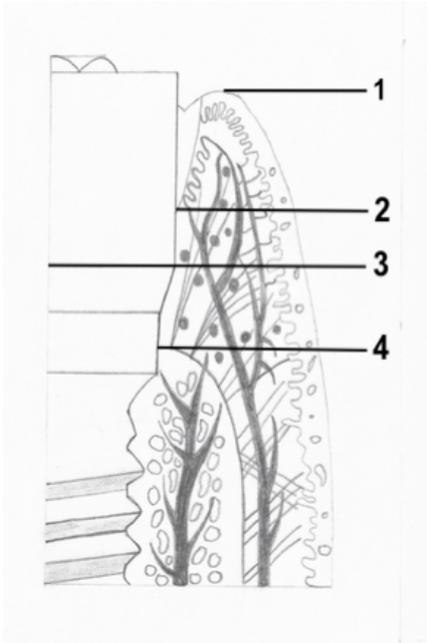
divergenzen wurde durch das individuell patientenspezifisch hergestellte Abutment erzielt (Linkevicius et al., 2011; 2015). Die individuell angefertigten Abutments werden dabei aus unterschiedlichen Materialien wie zum Beispiel Keramiken, Komposite (wie Polyetheretherketon) und Metallen wie Gold und Titan hergestellt. Da jedes einzelne Abutmentmaterial Vor- und Nachteile hat, durchlief die Implantatprothetik auf dieser Ebene eine Entwicklung (Welander et al., 2008).

Das Titan-Abutment ist besonders durch seine hohe Biokompatibilität seit Jahrzehnten das bevorzugte Material (Sailer et al., 2009). Außerdem weist es weitere gute Eigenschaften wie eine hohe Bruchfestigkeit und eine Röntgenopazität auf. Nachteilig kann sein möglicher Farbeinfluss auf das periimplantäre Weichgewebe besonders in Frontzahnregionen sein (Park et al., 2007).

Bei den in der Studie untersuchten prothetischen Suprakonstruktionen handelt es sich um Einzelzahnkronen, Brücken, Hybridbrücken und herausnehmbaren Zahnersatz. In der vorliegenden Studie wurden alle festsitzenden Restaurationen zementiert. Bei den herausnehmbaren Arbeiten hat eine Verschraubung der Patrizen stattgefunden.

#### 1.4 Anatomie der periimplantären Gewebe

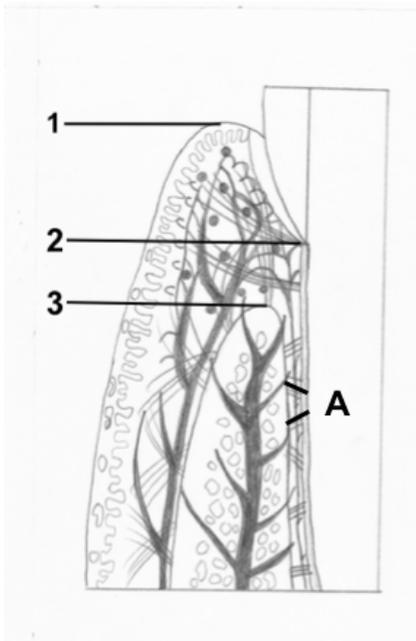
Das Besondere der oralen Implantate ist ihre zahnähnliche Eigenschaft, mit ihren Aufbauelementen das Epithel der Mundschleimhaut zu durchdringen. Diverse histologische Untersuchungen belegen, dass eine dichte Weichgewebsmanschette bestehend aus periimplantärem Gewebe eine Schutzfunktion gegenüber Mikroorganismen und Umwelteinflüssen bildet und damit periimplantären Erkrankungen entgegen wirkt (Brånemark et al., 1985; McKinney et al., 1988; Seymour et al., 1989; Berglundh et al., 1991; Berglundh et al., 1992; Ericsson et al., 1992; Lang et al., 1993; Listgarten, 1996; Moon et al., 1999). Nach der erfolgreichen Osseointegration des Implantats dient das periimplantäre Gewebe, bestehend aus einer epithelialen und einer bindegewebigen Anheftung, als Barriere (Strub et al., 1994; Kieswetter et al., 1996b; Cochran et al., 1996; Fritz, 1996; Ericsson et al., 1997) (Abb. 4).



**Abb. 4:** Anatomie des Hart- und Weichgewebes um dentale Implantate bei gesunden Verhältnissen. 1= periimplantärer Limbus; 2= apikale Grenze des Sulkusepithels; 3= Verbindung Abutment - Implantatbasis; 4= marginale Knochengrenze (Abbildung aus Ericsson, 1992)

Weitestgehend entspricht die epitheliale periimplantäre Mukosa morphologisch dem epithelialen Zahn-Gingiva-Kontakt (Schroeder et al., 1981; McKinney et al., 1985; Mackenzie und Tonetti, 1995; Liljenberg et al., 1997). Sie ist aus zwei Schichten aufgebaut: die epithelialen Strukturen bestehen aus oralem Epithel, dem oralen Sulkusepithel und dem Saumepithel sowie dem darunterliegenden Bindegewebe (Berglundh et al., 1991)

Die apikale Begrenzung des Saumepithels, bestehend aus einer inneren und einer äußeren Basalmembran, befindet sich bei gesunden parodontalen Verhältnissen an der Schmelz-Zement-Grenze des Zahnes (Abb. 5).



**Abb. 5:** Anatomie des Hart- und Weichgewebes um Zähne (rechts) bei gesunden Verhältnissen. 1= Limbus gingivae; 2= Grenze Schmelz-Wurzelzement; 3= marginale Knochengrenze; A= vom Zahn ausgehender zirkulärer Faserverlauf (Abbildung aus Ericsson, 1992)

Nach der Implantatinsertion beginnt das orale Epithel in Folge der Wundheilung zu proliferieren. Das gebildete Granulationsgewebe wird überwachsen und das circa 2 mm lange Saumepithel bildet sich circa 1 bis 1,5 mm koronal des marginalen Knochenrandes an der Implantatoberfläche (Listgarten, 1996; Lindhe und Berglundh, 1998). Elektronenmikroskopisch wird die epitheliale Anhaftung auf der Implantatoberfläche durch Hemidesmosomen vermittelt (Listgarten, 1996; Gould et al., 1984; Arvidson et al., 1996).

An den sehr rauen Titan-Plasma-beschichteten Implantatoberflächen konnten Kollagenfasern nachgewiesen werden (Ruggeri et al., 1992). Die narbig strukturierte Umwandlung des Weichgewebes rund um das Implantat ist zurückzuführen auf das Fehlen von Zement auf der Implantatoberfläche und auf die bedingten Wundheilungsvorgänge nach der Insertion. Die Begriffe „bindegewebiger Narbenring“ (Berglundh et al., 1991; Buser et al., 1992; Abrahamsson et al., 1996) und „zirkuläres Ligament“ um den Implantathalsbereich (Ruggeri et al., 1992) wurden in der Literatur verwendet. Der Aufbau des implantatnahen Bereiches wurde durch Moon et al. (1999) genauer differenziert. Sie beschrieben den Aufbau des bindegewebigen Attachments in zwei Zonen. Die innere 40 µm breite „fibroblastenreiche Zone“, welche unmittelbar lateral dem Implantat angrenzt und

dem gegenüber die angrenzende 160 µm breite Zone, die weniger fibroblastenreich ist. Die Kollagenfasern des umgebenden Bindegewebes bestehen zu 85 % aus Kollagen Typ I. Das Bindegewebe unmittelbar lateral der Implantatoberfläche ist kaum beziehungsweise nicht vaskularisiert (Buser et al., 1992; Berglundh et al., 1994; Abrahamsson et al., 1996; Moon et al., 1999). Dennoch erfolgt die Gefäßversorgung des periimplantären Weichgewebes um das Implantat durch mukosale und periostale Gefäße. Da der desmodontale Gefäßkomplex im Gegensatz zum natürlichen Zahn fehlt, funktioniert die Infektionsabwehr andersartig (Berglundh et al., 1994; Schroeder und Buser, 1994).

### 1.5 Periimplantäre Erkrankungen

Im Jahr 1987 wurde der Begriff der „Peri-implantitis“ in der Literatur eingeführt (Mombelli et al., 1987). Periimplantäre Erkrankungen sind entzündliche Erkrankungen ausgelöst durch Bakterien, die in ihrer Pathogenese denen bei der Parodontitis ähneln (Albrektsson und Isidor, 1994; Lang et al., 2000; Berglundh et al., 2002). Eine Nichtbehandlung der periimplantären Erkrankungen führt in der Regel zum Verlust des Implantats. Eingeteilt werden die periimplantären Erkrankungen in zwei aufeinander folgende Krankheitsbilder: die periimplantäre Mukositis und die Peri-implantitis (Caton et al., 2018).

Die periimplantäre Mukositis kann mit einer Gingivitis verglichen werden (Berglundh et al., 2002; Ericsson et al., 1992; Abrahamsson et al., 1998; Pontoriero et al., 1994). Sie ist eine reversible entzündliche Reaktion in den Weichgeweben um das Implantat mit charakteristischen Entzündungszeichen. Klinisch ist die Mukositis durch Bluten auf Sondierung (BOP) zu diagnostizieren. In diesem Stadium sind noch keine Anzeichen von Knochenverlust vorzufinden. Die Mukositis entsteht infolge einer bakteriellen Plaqueakkumulation und einer Immunreaktion auf diesen Biofilm.

Bei anhaltender Bakterienbesiedlung und entsprechender Immunreaktion des Wirtes kann sich aus der Mukositis eine Peri-implantitis entwickeln. Im Rahmen des sechsten European Workshops of Periodontology (Linde und Meyle, 2008) wurde der Begriff der Peri-implantitis erstmalig definiert. Die Peri-implantitis ist eine Entzündungsreaktion in den periimplantären Weichgeweben mit nachfolgendem irreversiblen Knochenverlust. Klinisch wird die Peri-implantitis anhand von folgenden Parametern diagnostiziert:

- Blutung bei Sondierung und/oder Eiterung
- Erhöhte Sondierungstiefen und/oder eine Rezession des Mukosarandes
- Röntgenologischer Knochenverlust im Vergleich zu früheren Untersuchungen.

Anhand von Meta-Analysen wird die Prävalenz von Peri-implantitis bei 9,25 % bis 12,8 % der Implantate und bei 19,83 % bis 28 % der Implantat-Patienten beschrieben (Lee et al., 2017; Zitzmann und Berglundh, 2008). Die hohe Varianz und Ergebnisheterogenität kommt durch die uneinheitliche Definition der Peri-implantitis, die unterschiedlichen untersuchten Implantatsysteme und den nicht einheitlich definierten Untersuchungszeitraum zustande.

Evident ist, dass Rauchen (Moraschini und Barboza, 2016; Chrcanovic et al., 2015; Lagervall und Jansson, 2013) und parodontale Vorerkrankungen entscheidende ätiologische Einflussfaktoren für das Entstehen und Voranschreiten einer Peri-implantitis sind (Mombelli et al., 2012; Carra et al., 2021).

Einen hohen Stellenwert dürften aber auch iatrogen verursachte Faktoren einnehmen. Häufig begünstigen infrasukulär befindliche Zementreste nach Eingliederung des Zahnersatzes entzündliche periimplantäre Reaktionen (Agar et al., 1997; Pauletto et al., 1999; Wilson, 2009; Gapski et al., 2008; Linkevicius et al., 2011; Korsch et al., 2014; Wilson et al., 2015). Falsch positionierte Implantate mit unzureichendem knöchernen Implantatlager oder fehlender keratinisierter Mukosa an der Implantatschulter erschweren die Pflege der Implantatsuprastruktur (Albrektsson et al., 2014).

Insbesondere aber ist die Plaqueakkumulation an der prothetischen Suprakonstruktion verantwortlich für die bakterielle Kontamination der Abutment- und Implantatoberflächen (Mombelli und Decaillet, 2011). Deshalb hat die regelmässige Implantatnachsorge eine hohe Bedeutung für die Erhaltung der periimplantären Gesundheit. Nur unregelmäßig durchgeführte professionelle Zahnreinigungen sind mit vermehrter Peri-implantitis assoziiert (Renvert und Quirynen, 2015). Die regelmäßige Plaquekontrolle und Mundhygienemotivation der Patient\*innen nach implantatprothetischer Versorgung ist ein entscheidender Faktor für die Langlebigkeit der Implantate (Jepsen et al., 2015; Heitz-Mayfield et al., 2018).

### 1.6 Fragestellung und Ziele der Arbeit

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es den Implantaterfolg bei Patient\*innen mit der Vorgeschichte einer behandelten Parodontitis in einer parodontologischen Fachpraxis nach einem Beobachtungszeitraum von 5 bis 8 Jahren zu untersuchen. Insbesondere sollte ein Vergleich zwischen den etablierten „Tissue Level“ und den neueren „Bone Level“ Implantaten im Hinblick auf periimplantären Knochenabbau und die Anfälligkeit für periimplantäre Erkrankungen gemacht werden.

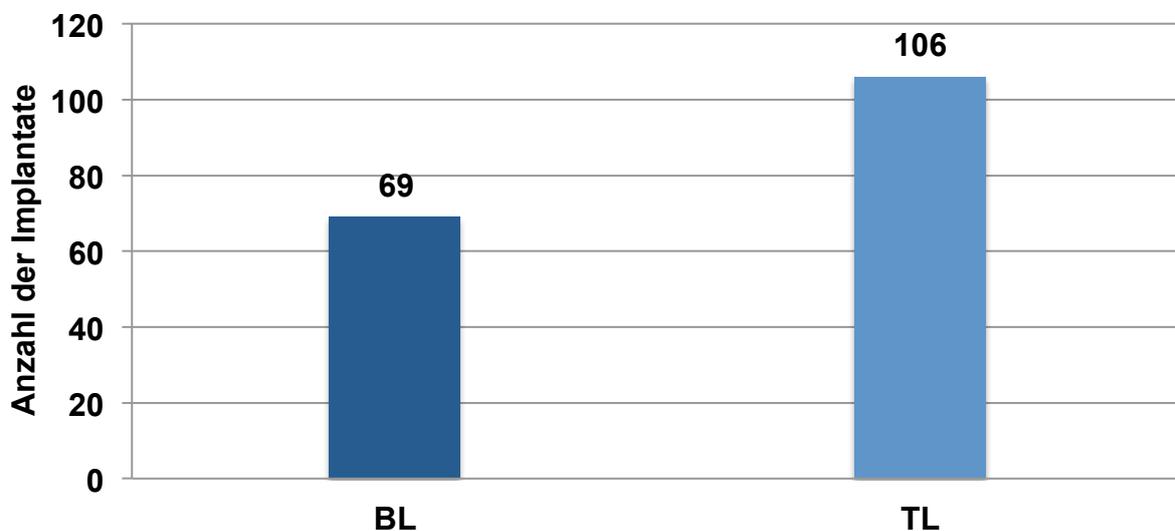
Folgende Fragen sollten geklärt werden:

- Welches der beiden zu vergleichenden Implantattypen, das Bone Level oder das Tissue Level Implantat, ist langlebiger?
- Welche Einflüsse, biologische und technische Komplikationen, führten zu einem Misserfolg der Implantate?
- Welcher durchschnittliche Knochenabbau konnte an dem Bone Level vs. Tissue Level Implantaten festgestellt werden?
- Wie viele Bone Level und Tissue Level Implantate wiesen eine Mukositis, und wie viele eine Peri-implantitis auf?

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign

An der vorliegenden retrospektiven Untersuchung nahmen insgesamt 64 Patient\*innen (34 Männer und 30 Frauen) im Alter zwischen 37 und 85 Jahren teil bei denen in einer parodontologischen Spezialistenpraxis von Herrn Dr. med. dent. Martin Hagner insgesamt 175 Implantate (106 vom Typ Tissue Level und 69 vom Typ Bone Level) inseriert worden waren (Abb. 6).



**Abb. 6:** Anzahl der untersuchten Bone Level und Tissue Level Implantate

Die Nachuntersuchung der Implantate erfolgte zwischen 4 Jahren und 55 Tagen und 8 Jahren und 74 Tagen nach prothetischer Eingliederung der Suprakonstruktion.

Der Zahnersatz wurde überwiegend durch Herrn Dr. med. dent. Norbert Bernard einem DGPro- und DGÄZ-Spezialisten in derselben Praxis durchgeführt. Mithilfe eines für diese Studienzwecke entworfenen Fragebogens (im Anhang, 6.1. Patient\*innen-Fragebogen) wurden patientenspezifische und implantat-spezifische Parameter erfasst. Der Nachweis des parodontalen Befundes erfolgte der Software Parostatus (Firma Parostatus.de, GmbH), die in digitaler Form in der Spezialistenpraxis verwendet wird.

Die Datenerhebung erfolgte pseudonymisiert. Sämtliche durch Herrn Dr. med. dent. Martin Wieland Hagner, einem DGParo-Spezialisten, mit Straumann® Implantaten ver-

sorgten Patient\*innen wurden eingeschlossen. Sie wurden zunächst telefonisch über den Ablauf, die Risiken, die Tragweite, die radiologische Untersuchung, über den Umgang mit ihrem Datenmaterial und die Bedeutung der Studie aufgeklärt und zu der Studie in die Gemeinschaftspraxis eingeladen. Anschließend erfolgte die Übergabe beziehungsweise Zusendung eines Studien-Aufklärungsbogens und eines separaten Einwilligungsbogens. Nach der schriftlichen Zustimmung zur Teilnahme an der Studie erfolgte ein Abgleich der aktuellen Anamnese mit der, in der Praxis vorhandenen digitalen. In der Spezialistenpraxis lagen sowohl die Patientenakten, sowie die Röntgenaufnahmen in digitaler Form vor. Des Weiteren wurde während des Nachuntersuchungstermins routinemäßig eine Zahnfilmröntgenaufnahme der jeweiligen Implantatregionen erstellt. Röntgenaufnahmen zum Zeitpunkt der Insertion und nach Eingliederung der prothetischen Konstruktionen lagen bereits vor. Anschließend wurden die Daten der Proband\*innen in einer Excel-Tabelle (Excel, Microsoft Office Version 2013, Microsoft Corporation, Redmond, USA) erhoben. Jeder Patient erhielt eine zufällige Schlüsselnummer. Die Liste mit den patientenbezogenen Schlüsselnummern wird durch den einzigen Nachuntersucher verschlossen verwahrt, wodurch Rückschlüsse auf die Identität der Patient\*innen ohne den Schlüssel ausgeschlossen sind.

Die Untersuchung wurde nach der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes (1983) durchgeführt und durch die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn unter der Lfd. Nr. 144/15 genehmigt.

## 2.2 Einschlusskriterien

In die Untersuchung wurden ausschließlich Patient\*innen einbezogen, die nach Zahnverlust durch Parodontitis oder Karies mit dem Straumann-Implantatsystem implantiert wurden und deren Zahnersatz sich mindestens 5 Jahre in Funktion befand. Alle Implantate wurden von einem DGParo-Spezialisten für Parodontologie inseriert und von einem DGPro-Spezialisten für Prothetik in der gleichen Praxis versorgt. Weitere Voraussetzung war eine abgeschlossene Parodontitis-Therapie und eine systematische Leitlinienkonforme Behandlung, die mit Eingliederung des Zahnersatzes eine vollständige Kaufähigkeit von Zahn 6-6 oder 7-7 sicherstellte.

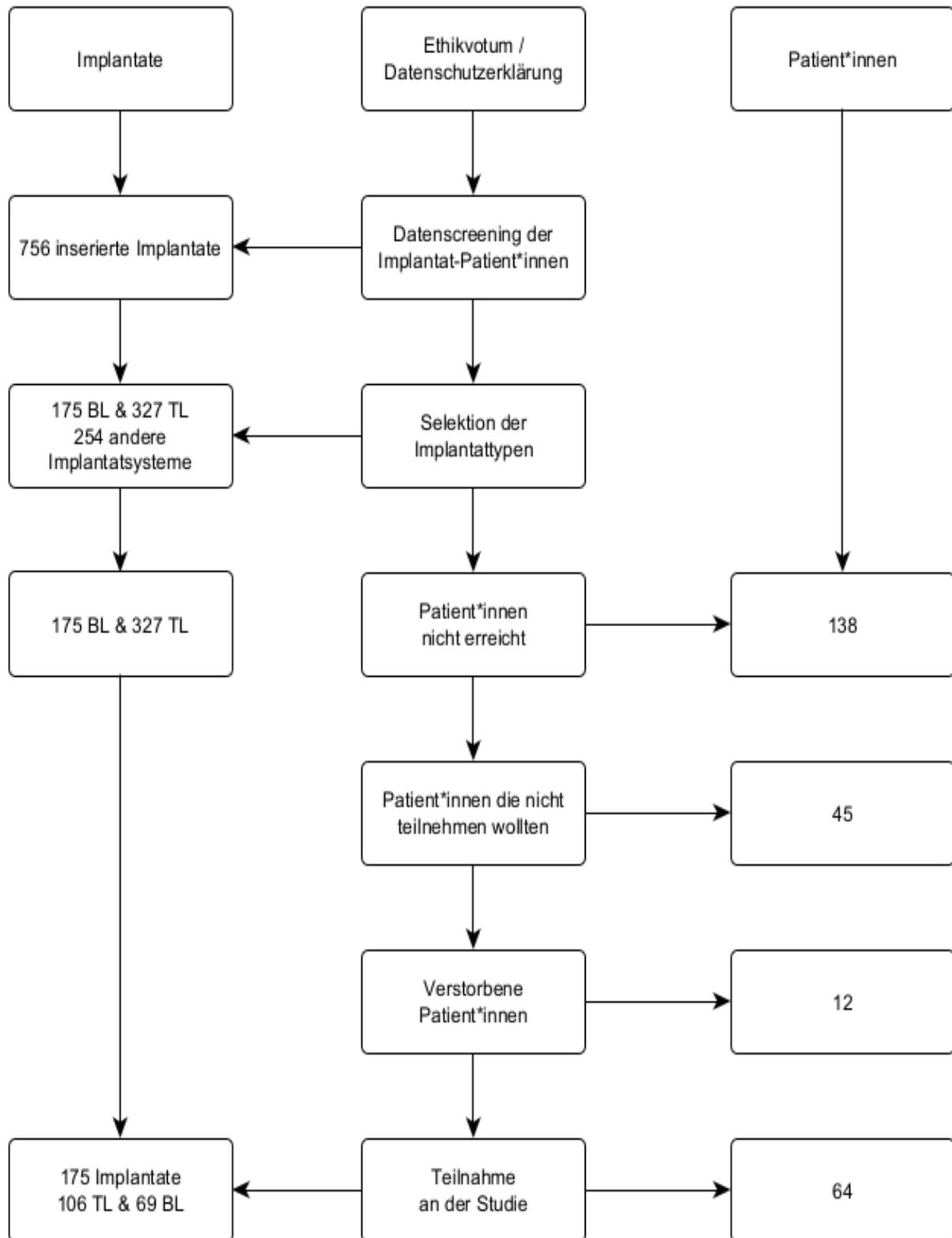
Vorab ist zu erwähnen, dass in dem Kollektiv der Bone Level Implantate 2 Früh- und 2 Spätverluste auftraten, diese werden in den nachfolgenden evaluierten Parametern individuell nach dem Zeitpunkt des Verlustes berücksichtigt.

### 2.3. Ausschlusskriterien

Vom Januar 2008 bis Dezember 2015 wurden in der Spezialistenpraxis von Herrn Dr. med. dent. Martin Hagner 756 Implantate inseriert. Dabei handelt es sich um 175 Bone Level und 327 Tissue Level Implantate und 254 anderweitige Implantate.

Schwangere und Minderjährige wurden nicht mit Implantaten behandelt. Patient\*innen, die nicht erreichbar (n= 138) oder nicht teilnehmen (n= 45) wollten, wurden nicht berücksichtigt. Patienten, die während des Untersuchungszeitraums verstorben (n= 12) sind, wurden ebenfalls nicht inkludiert.

Ebenfalls ausgeschlossen wurden Implantate, die vor prothetischer Versorgung entfernt werden mussten (n= 7). Von den 7 Verlusten waren 2 Bone Level Implantate im inkludierten Patientenkollektiv, die nicht an der Auswertung partizipierten, aber nach 6 Monaten nachimplantiert wurden. Bei den restlichen 5 Frühverlusten handelte es sich um Tissue Level Implantate.



**Abb. 7:** Flowchart zu den Auswahlkriterien

## 2.4 Evaluierte Parameter

Die Datenerhebung erfolgte aufgeteilt in Bone Level und Tissue Level Implantate. Aus diesen Daten sollte ermittelt werden, ob und in welchem Ausmaß die einzelnen Faktoren Einfluss auf den Knochenabbau ausüben und wie Risikogrößen für den Implantaterfolg zu gewichten sind.

Demnach zählen zu den Patientenfaktoren: Alter am Nachuntersuchungsdatum, Geschlecht, Rauchverhalten, Stadium/Grad der Parodontitis zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungsdatums (Papapanou et al., 2018) und Recallteilnahme.

Die zu evaluierenden Faktoren auf Implantatebene sind: Insertionsregion (Ober- und / oder Unterkiefer), Plaque am Implantat, Blutung auf Sondierung am Implantat, Sondierungstiefe am Implantat, biologische und technische Komplikationen, Weichgewebstiefe, Art des definitiven Zahnersatzes (feststehend oder herausnehmbar) und der Untersuchungs- und Belastungszeitraum.

Evaluierte Parameter getrennt dargestellt auf Patientenebene und Implantatebene

### Patientenspezifische Faktoren

- Alter
- Geschlecht
- Rauchverhalten
- Stadium/Grad der Parodontitis
- Recallteilnahme

### Implantatspezifische Faktoren

- Implantatregion
- Plaque am Implantat
- Blutung am Implantat
- Sondierungstiefe am Implantat
- Biologische und technische Komplikationen
- Weichgewebstiefe
- Art des Zahnersatzes
- Untersuchungs- und Belastungszeitraum

#### 2.4.1 Patientenspezifische Faktoren

Alle nachfolgenden Faktoren wurden zum Nachuntersuchungsdatum individuell mit den jeweiligen Patient\*innen besprochen und die klinischen Parameter erhoben.

##### Alter und Gender

An der Studie nahmen 64 Patient\*innen teil. Die Stichprobe setzte sich aus 34 Männern und 30 Frauen im Alter von 37 bis 85 Jahren zusammen.

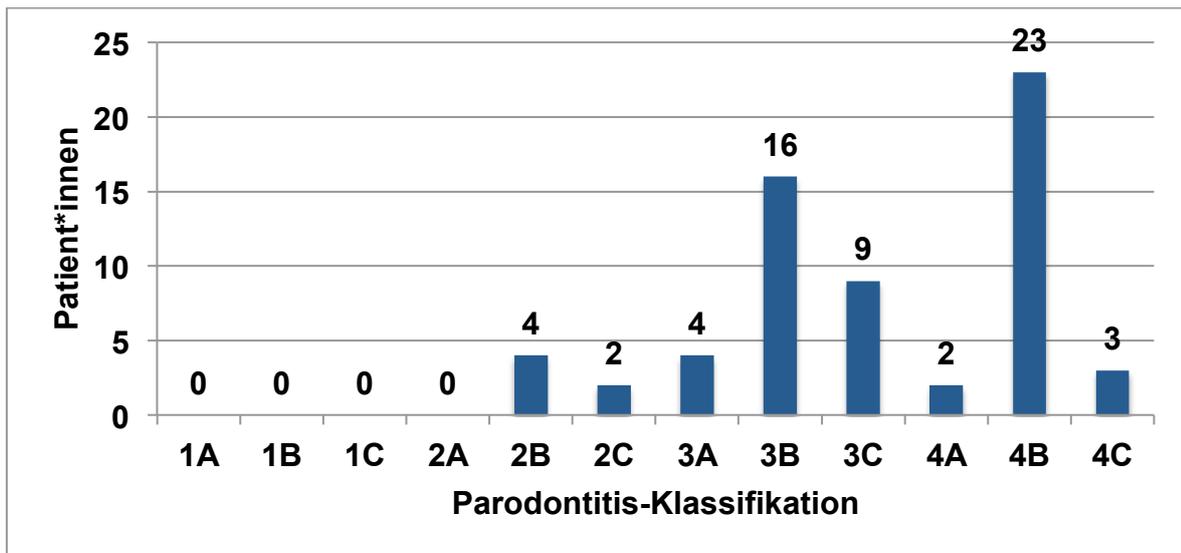
##### Rauchverhalten

Die Patient\*innen wurden bezüglich der Quantität des Rauchens befragt und klassifiziert:

1. Raucher: aktiv bereits vor Insertion und den Nachuntersuchungszeitraum überdauernd;
2. Nichtraucher;
3. ehemaliger Raucher: der Patient ist durch die geplante Versorgung mit Implantaten noch vor Insertion zum Nichtraucher geworden;

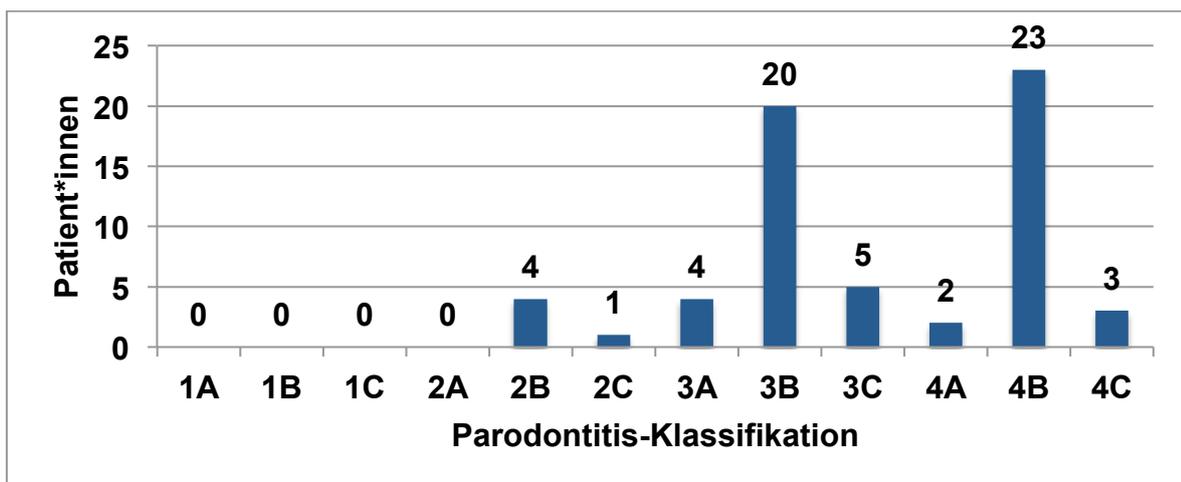
##### Klassifikation der Parodontitis

Von den nachuntersuchten Patient\*innen konnte das parodontologische Stadium aus den gut dokumentierten Karteikarten entnommen werden (s. Abb. 8).



**Abb. 8:** Aufführung der Patient\*innen nach Stadium und Grad mit der neuen Klassifikation der Parodontitis (Ausgangsstadium)

Am Tag der Nachuntersuchung wurde die Erhebung der Sondierungstiefen an 6 Stellen und die Vermessung des Attachmentniveaus (disto-vestibulär, median-vestibulär, mesio-vestibulär, mesio-oral, median-oral und disto-oral) pro Zahn / Implantat erneut im gesamten Gebiss durchgeführt. Dies erfolgte mit Hilfe einer normierten PCP12 Sonde und einem Druck von circa 0,2 Newton (Lang et al., 1994) (Abb. 9).



**Abb. 9:** Aufführung der Patient\*innen nach Stadium und Grad mit der neuen Klassifikation der Parodontitis zum Nachuntersuchungszeitpunkt

Durch dieses Vorgehen konnten die untersuchten Patient\*innen nach der neuen Klassifikation für parodontale und periimplantäre Erkrankungen (Caton et al., 2018) eingeteilt werden. Danach wird die Parodontitis in ein Staging- und ein Grading-System differenziert. Während das Grading hauptsächlich die Progression der Erkrankung in Grad A (langsame Progressions-Rate), Grad B (moderate Progressions-Rate) und Grad C (schnelle Progressions-Rate) erfasst, werden aber auch andere Aspekte wie das Rauchverhalten und ein Diabetes mellitus mitberücksichtigt (Tab. 2 im Anhang).

Darüber hinaus wird beim Staging das Parodontitis-Stadium nach der Schwere, nach der lokalen Komplexität, nach dem Ausmaß und nach der Verteilung kategorisiert. Die Schwere berücksichtigt unter anderem Sondierungstiefe / Attachmentniveau, den röntgenologischen Knochenabbau, als auch den Zahnverlust. Diese genannten Faktoren ermöglichen eine Stadieneinteilung. Das Staging sieht vier unterschiedliche Stadien vor (Tab. 3 im Anhang).

#### Recallteilnahme

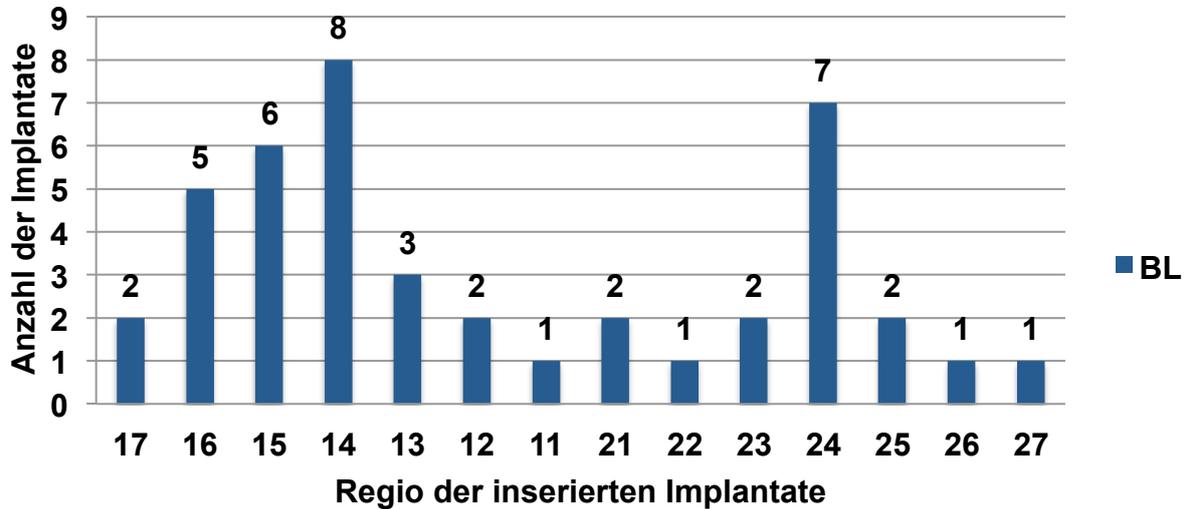
Mit Hilfe der Risikoeinschätzung nach Lang und Tonetti (2003) wurden die Patient\*innen nach ihrem parodontalen Rezidivrisiko in gering, mittel und hohes Risiko geteilt, und entsprechend in einem risikoanalogen Recallintervall eingeladen. Hochrisiko Patient\*innen wurden alle 3 Monate terminiert, mittleres Risiko Patient\*innen alle 4 bis 6 Monate und die niedriges Risiko Patient\*innen alle 6 bis 12 Monate. In Abhängigkeit ihrer Teilnahme an der unterstützenden parodontalen Prophylaxe wurden die Patient\*innen aufgeteilt in:

- regelmäßiges Recallintervall: das vorgeschlagene Recallintervall wurde wahrgenommen
- unregelmäßiges Recallintervall: die Recallteilnahme fand unregelmäßig statt (nur einmal im Jahr)
- kein Recallintervall: die Recallteilnahme wurde abgelehnt.

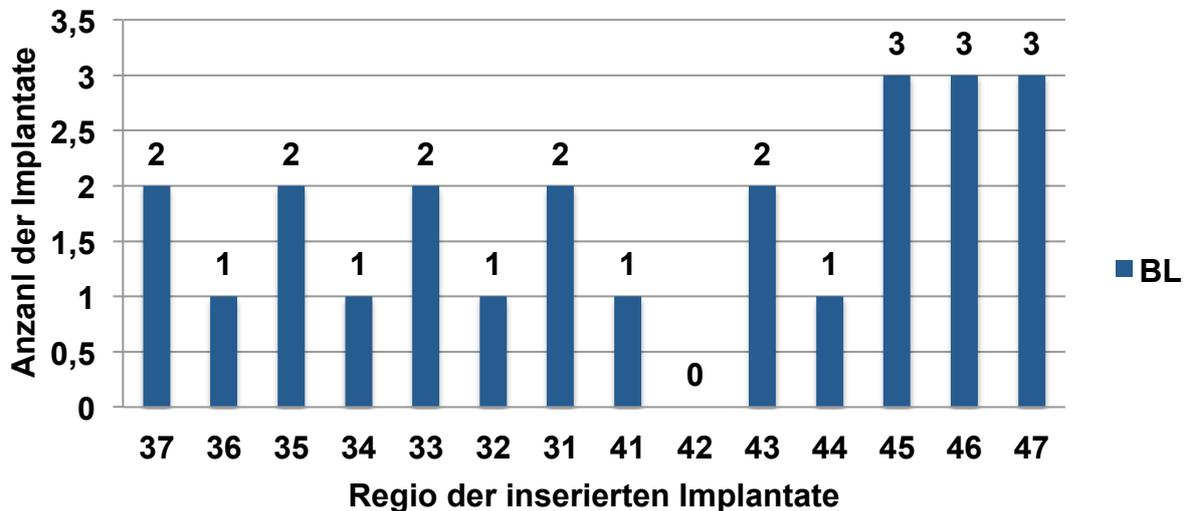
## 2.4.2 Implantatspezifische Faktoren

### Implantatregion

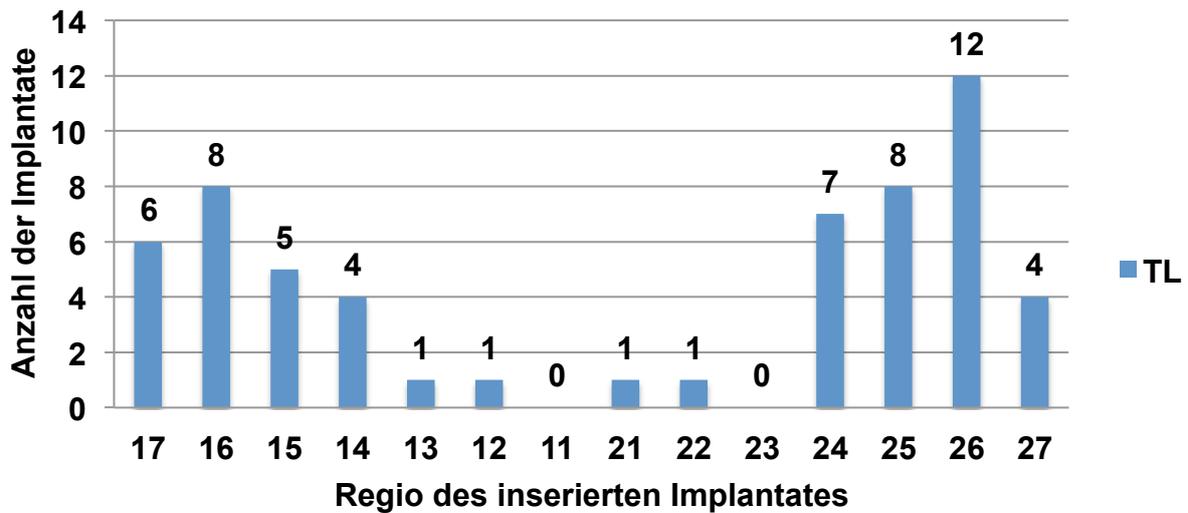
Von den insgesamt 175 untersuchten Implantaten wurden 100 im Oberkiefer (57,8 %) und 72 im Unterkiefer (41,6 %) inseriert (Abb. 10, 11, 12 und 13).



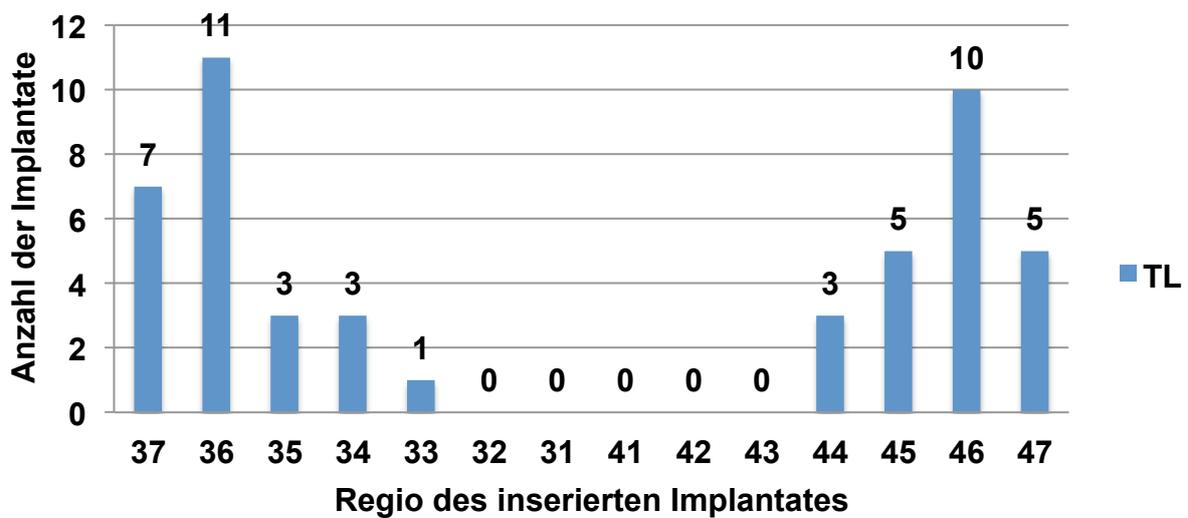
**Abb. 10:** Anzahl der im Oberkiefer inserierten Bone Level Implantate aufgeteilt nach Regio



**Abb. 11:** Anzahl der im Unterkiefer inserierten Bone Level Implantate aufgeteilt nach Regio



**Abb. 12:** Anzahl der im Oberkiefer inserierten Tissue Level Implantate aufgeteilt nach Regio



**Abb. 13:** Anzahl der im Unterkiefer inserierten Tissue Level Implantate aufgeteilt nach Regio

#### Plaque am Implantat

Da die Plaque als primär ätiologischer Faktor (Silness und Løe, 1964) für die Entstehung der Peri-implantitis gilt, wurden mittels eines in Erythrosin getränktes Schwämmchens alle Zähne blau angefärbt. Im Anschluss wurden die Patient\*innen aufgefordert mit Wasser auszuspülen. Die vorhandene Plaque wurde durch die nun noch bestehenden

Verfärbungen angezeigt. Für die Bestimmung des Index wurde die dentogingivale Plaque an 6 Stellen pro Zahn / Implantat mittels Ja- / Nein-Wertung beurteilt. In der statistischen Auswertung wurde der Plaque am Implantat nur dann als positiv gewertet, wenn mindestens eine der 6 Stellen mit Ja beurteilt wurde.

#### Sondierungstiefe am Implantat

Mit der Parodontalsonde wurde mit definierter Kraft parallel zur Zahnachse zwischen Mukosa und Implantat / Restaurationsrand in apikale Richtung an 6 Stellen pro Implantat die Sondierungstiefe am Tag der Nachuntersuchung erhoben. Diese ergeben sich durch die Distanz zwischen dem marginalen Mukosarand und dem sondierbaren Sulkusboden. Nach einer Studie von Mombelli und Lang (1994) wurde ein kritischer Wert von  $\geq 5$  mm beschrieben. Für die statistische Auswertung wurde jeweils der höchste Wert der Sondierungstiefe am Implantat notiert. Zum Vergleich beider Implantatsysteme wurde ein Grenzwert bei  $\geq 5$  mm festgesetzt.

#### Blutung am Implantat

Blutung am Implantat (BOP) gilt in der Untersuchung als positiv, sobald an einer Stelle des Implantates eine Blutung nach Sondierung am Tag der Nachuntersuchung auftrat.

#### Biologische und technische Komplikationen

Die biologischen und technischen Komplikationen wurden retrospektiv aus den EDV-Patientenakten entnommen. Sobald eine Komplikation innerhalb des Untersuchungszeitraumes oder am Tag der Nachuntersuchung auftrat, wurde diese vermerkt.

#### Weichgewebsdicke

Die Weichgewebsdicke wurde anhand der am Nachuntersuchungsdatum erstellten Röntgenaufnahmen mesial und distal am Implantat in mm gemessen.

### Art des Zahnersatzes

Der eingesetzte Zahnersatz wurde nach den individuellen Bedürfnissen und dem Gesamtbefund der Patient\*innen geplant und umgesetzt. Dabei wurden immer die Empfehlungen aktueller wissenschaftlicher Leitlinien berücksichtigt. In dem untersuchten Patientenkollektiv wurden Kronen, Brücken und Prothesen eingesetzt. Der herausnehmbare Zahnersatz der untersuchten Population unterschied sich in Teleskop- (n= 3) und Stegprothesen (n= 2), die auf Bone Level Implantaten verankert wurden.

### Untersuchungs- und Belastungszeitraum

Der Untersuchungszeitraum beginnt am Tag der Implantatinsertion und endet mit der Studienuntersuchung.

Der Belastungszeitraum beginnt mit dem Datum der prothetischen Restaurationseingliederung und endet mit der Studienuntersuchung.

Hierbei ergab sich je nach Patienten ein individuell errechneter Zeitraum, der in der Studie zwischen 4 Jahren und 55 Tagen und zu 8 Jahren und 74 Tagen variierte.

## 2.5 Periimplantäre Erkrankungen

### 2.5.1 Definition Sondierungsblutung (BOP)

Aufgrund von mehreren Parametern ist das Bluten auf Sondieren als Marker für den Entzündungszustand des Parodonts anzusehen. Parameter, die den BOP beeinflussen sind: der Messdruck, der Sondierungswinkel, die Form, der Durchmesser der Sondenspitze, der Entzündungszustand des Gewebes als auch das Timing und die Durchblutung des Gewebes (Armitage, 1996).

### 2.5.2. Mukositis

Eine Mukositis bestand bei positivem Bluten auf Sondierungsbefund ohne Knochenabbau. Im Zeitverlauf wurde die Mukositis dokumentiert, wenn der/die Patient\*innen aufgrund von Implantat lokalisierten Beschwerden in die Praxis kam, oder beim Recall auffällig wurde und dies behandelt wurde.

### 2.5.3 Peri-implantitis

Eine Peri-implantitis lag vor sobald sich ein Knochenverlust von  $> 2$  mm röntgenologisch nachweisen ließ und Entzündungsparameter (Bluten auf Sondieren) vorlagen.

### 2.5.4 Erfolgsdefinition

Basierend auf den Empfehlungen der Pisa Konsensus Konferenz (2008) wurden Kriterien für den Implantaterfolg herangezogen (Misch et al., 2008).

- keine Schmerzen in der Implantatregion;
- keine Mobilität des Implantats;
- radiologisch sichtbarer Knochenverlust  $< 2$  mm seit Implantatinsertion;
- keine Exsudation aus den periimplantären Geweben.

Nur bei vollständiger Erfüllung aller Kriterien wurde ein Implantaterfolg erzielt.

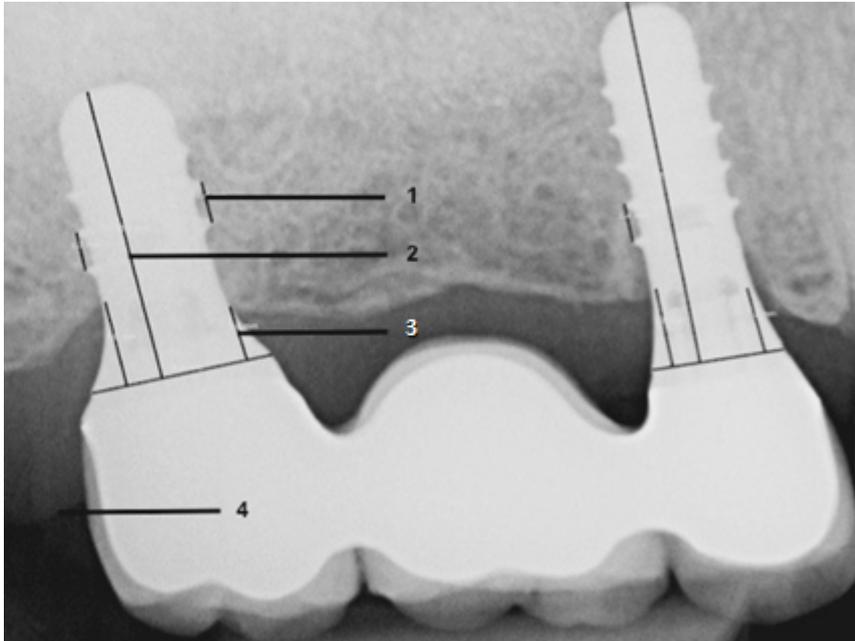
## 2.7 Radiologische Diagnostik

Die Beurteilung des marginalen Knochenniveaus und der Weichgewebssdicke wurden in der Regel an Zahnfilm-aufnahmen (Dürr dental Vistasoft, Stuttgart in Deutschland) und in Ausnahmefällen an Orthopantomographien (Dürr dental Vistasoft, Stuttgart in Deutschland) vermessen. Unter Berücksichtigung des Strahlenschutzes wurden Röntgen-aufnahmen Indikationsbezogen angefertigt. Bei jeder Implantation lag eine prä-chirurgische Orthopantomographie als Planungs-röntgenaufnahme und eine post-Insertions-Orthopantomographie vor. Darüber hinaus wurden die einzelnen Implantate nach Eingliederung der prothetischen Suprakonstruktionen geröntgt. Die Einzelzahnfilm-röntgen-aufnahmen wurden mit Hilfe eines Filmhalters in der Rechtwinkeltechnik durchgeführt.

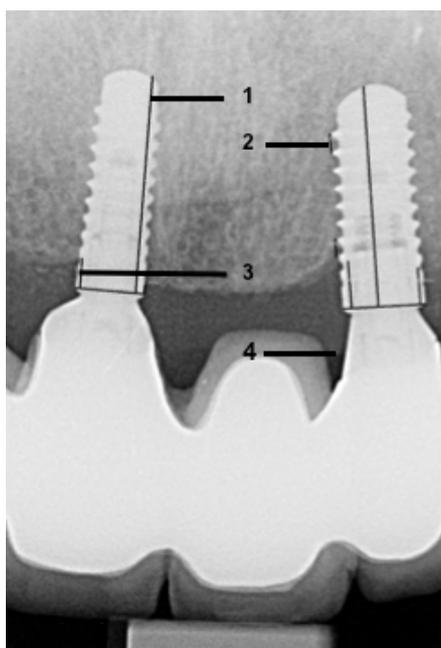
Nicht alle Implantate befanden sich parallel zum Röntgenzahnfilm im Strahlengang, basierend auf den Gewindeabständen nach Herstellerangaben konnten die Implantatdimensionen kalibriert werden. Als Referenzpunkte wurden das krestale Knochenniveau und die Implantatspitze markiert und mit einer Genauigkeit von 0,01 mm gemessen, für die Weichgewebssdicke wurde das krestale Knochenniveau und der koronalste Kontakt

zwischen Zahnersatz und Weichgewebe herangezogen. Bei der statistischen Auswertung wurden die Mittelwerte der mesialen und distalen Messungen verwendet.

Anhand des folgenden Beispiels ist die Messung des Knochenniveaus und der Weichgewebssdicke veranschaulicht (Abb. 14 und 15).



**Abb. 14:** Beispielhafte Messung des Knochen- und Gingivaniveaus zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungsdatums hier bei Tissue Level Implantaten mit Brückenersatz im Oberkieferseitenzahnbereich; 1= Kalibrierung über den Gewindeabstand; 2= Längenmessung des Implantates; 3= Knochenniveau von Implantatschulter; 4= Gingivaniveau



**Abb. 15:** Beispielhafte Messung des Knochen- und Gingivaniveaus zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungsdatums anhand eines Bone Level Implantat mit Brückenersatz im Oberkieferfrontzahnbereich; 1= Längenmessung des Implantates; 2= Kalibrierung über den Gewindeabstand; 3= Knochenabbau, da Implantat bündig inseriert wird; 4= Gingivaniveau

## 2.8 Statistische Methoden

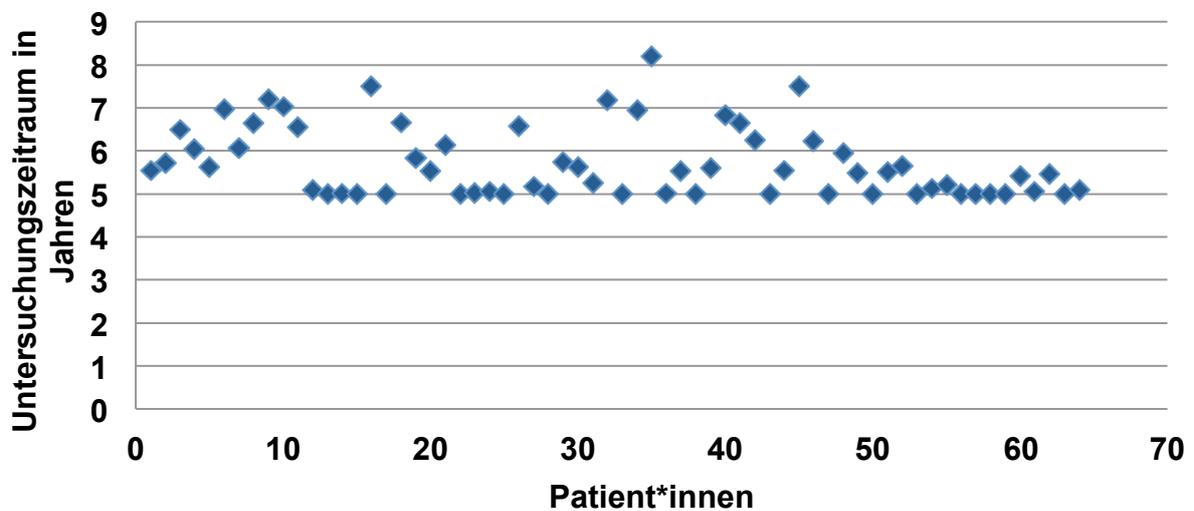
Mit Hilfe der Programme SPSS (IBM SPSS Statistics 25, Chicago, Illinois, USA) und GraphPad Prism (Version 8, GraphPad Software, San Diego, California) wurden die erfassten Daten statistisch ausgewertet. Es wurden deskriptive Lage- und Streuungsparameter, wie das arithmetische Mittel und die Standardabweichung, sowie relative und absolute Häufigkeiten bestimmt und mit Säulen- und Kreisdiagrammen dargestellt. Die für die parametrischen Tests geforderte Normalverteilung der Variablen wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test geprüft. Um Mittelwerte zwischen zwei Gruppen zu vergleichen, wurde der zweiseitige t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Bei gerichteten Hypothesen wurden die p-Werte für einen einseitigen Test kalkuliert. Der t-Test setzt eine Varianzhomogenität voraus, die mit dem Levene-Test überprüft wurde, so dass bei signifikanten Ergebnissen, die eine Varianzheterogenität anzeigen, ein alternativer p-Wert mit der Welch-Korrektur berücksichtigt wurde. Die Effektstärke konnte bei signifikanten Ergebnissen im t-Test mit Cohens d quantifiziert werden. Zur Analyse von Mittelwertunterschieden von mehr als zwei Gruppen kam die einfaktorielle Varianzana-

lyse (ANOVA) zur Anwendung. Bei einem signifikanten Globaltest der ANOVA, der Unterschiede zwischen mindestens zwei Gruppen anzeigt, konnte in Post-hoc-Tests mit multiplen Gruppenvergleichen geklärt werden, zwischen welchen Faktorstufen signifikante Unterschiede nachweisbar sind. Die Wahl des Post-hoc-Tests ist abhängig von einer Varianzhomogenität, die mit dem Levene-Test überprüft wurde. Bei nachgewiesener Homogenität der Varianzen wurde der Bonferroni-Test durchgeführt, während bei Varianzheterogenität der Tamhane-T2-Test angewendet wurde. Zur Quantifizierung der Effektstärke wurde bei nachgewiesener Signifikanz das partielle  $\eta^2$  berechnet. Die stochastische Unabhängigkeit nominaler Merkmale konnte mit dem  $\chi^2$ -Test nach Pearson oder durch den exakten Test nach Fisher überprüft werden. Der  $\chi^2$ -Test nach Pearson setzt voraus, dass bei höchstens 20 % der Kategorien die erwartete Häufigkeit kleiner als 5 ist. Ferner muss die erwartete Häufigkeit in jeder Kategorie mindestens 1 betragen. Der exakte Fisher-Test wurde daher alternativ bei Verstößen gegen diese Voraussetzungen bei zwei dichotomen Variablen, also bei einer 2 x 2-Kontingenztafel als Alternative zum  $\chi^2$ -Test eingesetzt. Bei nachgewiesenen Signifikanzen des Unabhängigkeitstests wurde die Effektstärke mit Cramers V quantifiziert. Bei allen Tests der Inferenzstatistik betrug das Signifikanzniveau  $p < 0,05$ .

### 3. Ergebnisse

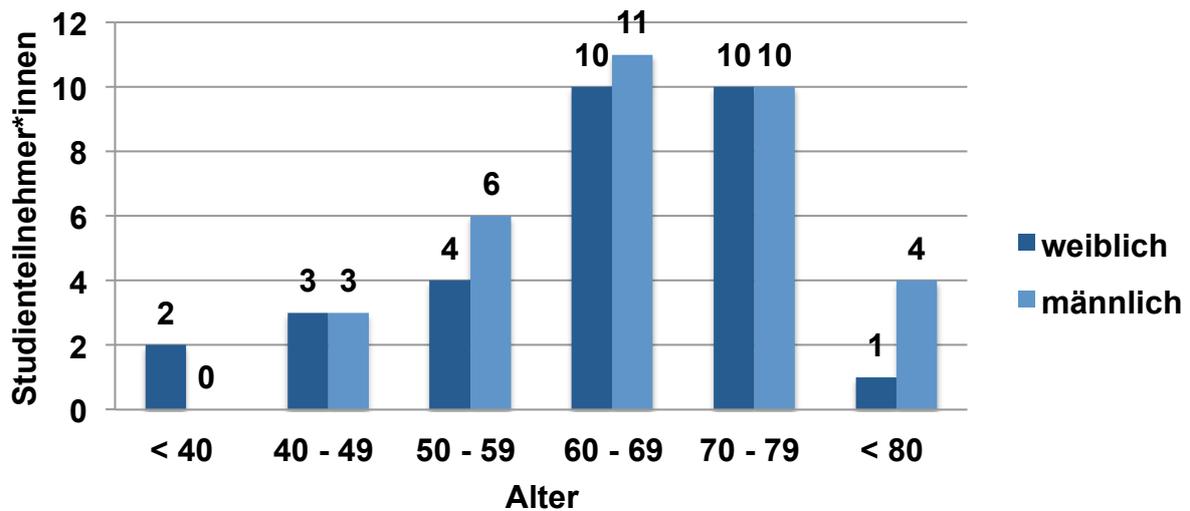
#### 3.1 Deskriptive Ergebnisse des Patient\*innenkollektivs

Insgesamt wurden 175 Implantate, davon 69 Bone Level und 106 Tissue Level Implantate nachuntersucht. Zwischen 2008 bis 2015 wurden die radiologischen sowie klinischen Nachuntersuchungen durchgeführt. Die Nachuntersuchung der Implantate erfolgte je nach Patienten zwischen 4 Jahren und 55 Tagen und 8 Jahren und 74 Tagen nach prothetischer Eingliederung der Suprakonstruktion (Abb. 16).



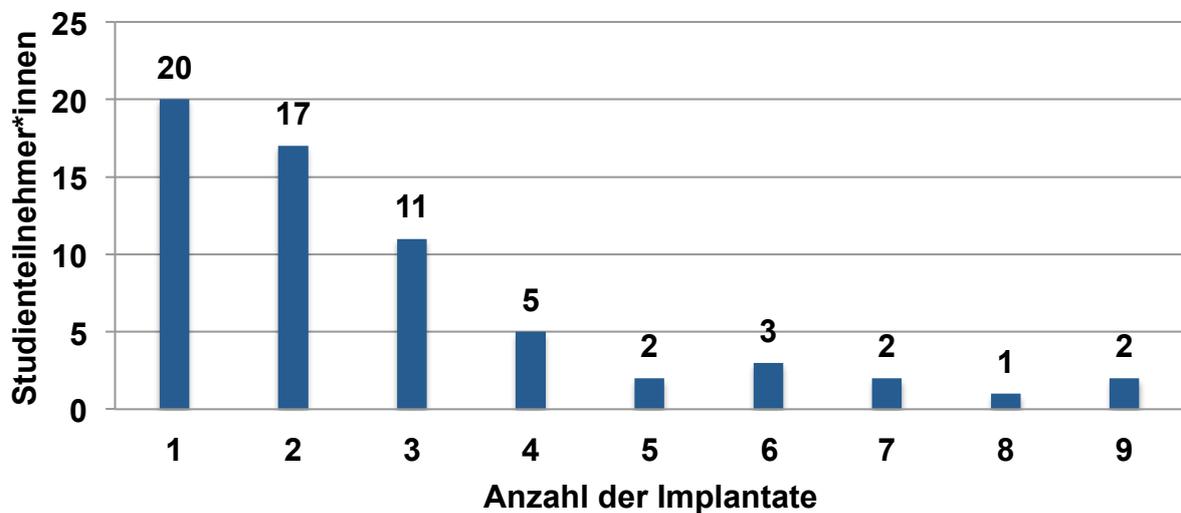
**Abb. 16:** Die 64 Patient\*innen mit dem jeweiligen Untersuchungszeitraum

Die Stichprobe setzte sich aus 30 weiblichen (46,9 %) und 34 männlichen Patient\*innen (53,1 %) zusammen. Die Altersverteilung der Stichprobe wies eine Spannweite von 48 Jahren auf. Die/der jüngste Teilnehmer\*in der Stichprobe war 37 Jahre alt und der Älteste 85 Jahre. Das Durchschnittsalter betrug 64,9 Jahre mit einer Standardabweichung von 11,7 Jahren, wobei 50 % der Patient\*innen älter als 65,5 Jahre alt waren (Abb. 17).



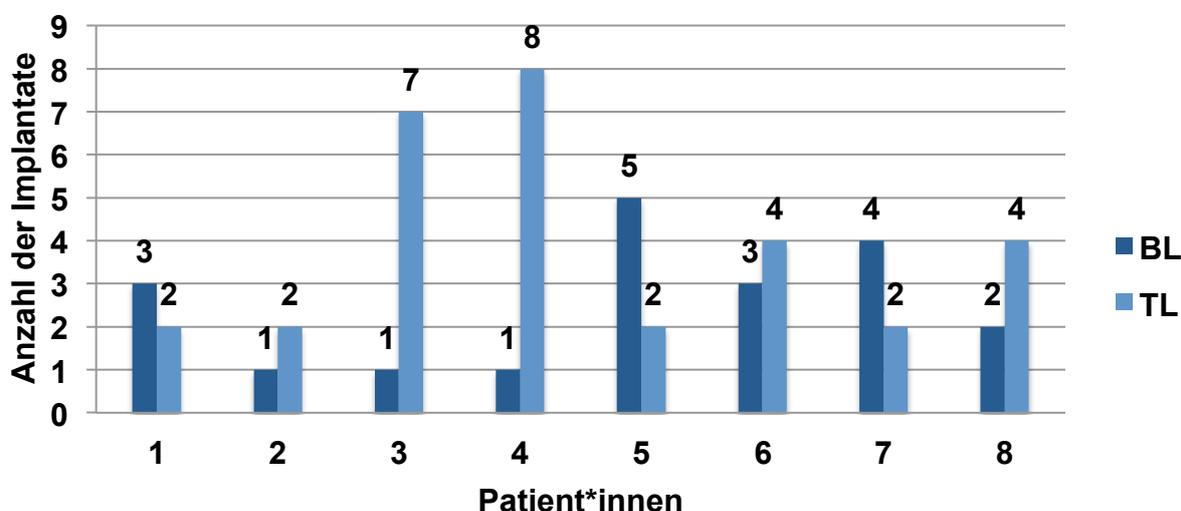
**Abb. 17:** Patient\*innen in Abhängigkeit des Alters, aufgeteilt in männliche und weibliche Teilnehmer

20 Patient\*innen wurden mit nur einem Einzelzahnimplantat versorgt. 17 weiteren Teilnehmer\*innen wurden 2 Implantate inseriert. Ein/e Patient\*in erhielt 8 Implantate und zwei Patient\*innen erhielten 9 Implantate (Abb. 18).



**Abb. 18:** Anzahl der jeweils inserierten Implantate aufgeteilt nach den einzelnen Patient\*innen

Insgesamt wurden bei acht Patient\*innen sowohl Bone Level als auch Tissue Level Implantate verwendet (Abb. 19).

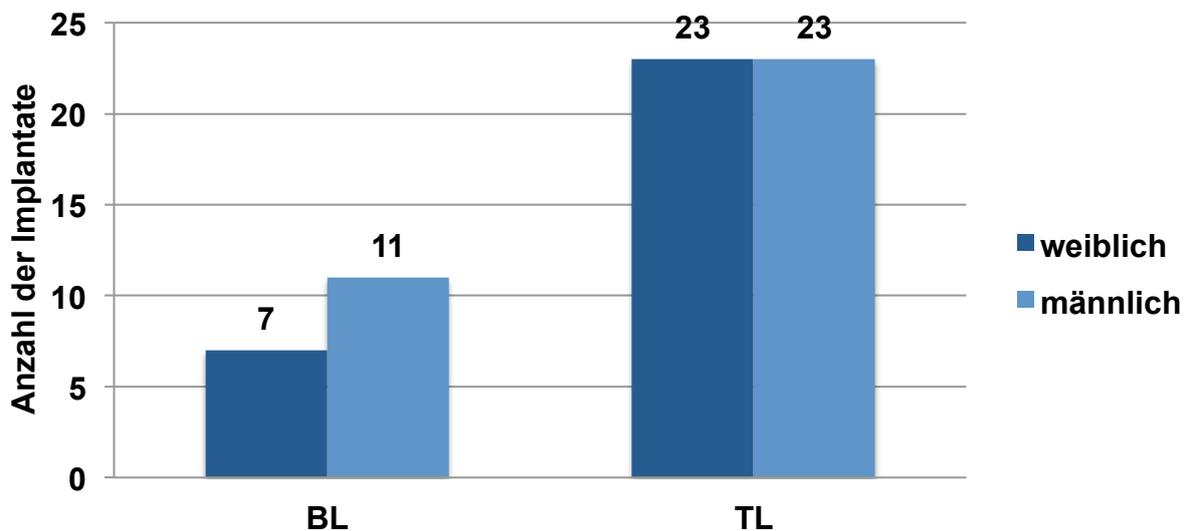


**Abb. 19:** Aufführung der acht Patient\*innen, die sowohl Bone Level als auch Tissue Level Implantate inseriert bekommen haben

Die deskriptiven und induktiven Ergebnisse einer differenzierten Betrachtung nach dem für die Patient\*innen gewählten Implantatsystem sind in der Tabelle 5 im Anhang zusammengefasst. Mit dem Chi-Quadrat-Test wurde für die Patientencharakteristika Geschlecht, Rauchverhalten und Recallverhalten geprüft, ob die Anteile innerhalb der Studiengruppen mit einem Tissue Level Implantat und mit einem Bone Level Implantat unterschiedlich groß sind. Für die metrische Variable „Alter“ wurde mittels eines t-Tests für unabhängige Stichproben auf Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen untersucht. Ein signifikant herauszustellender Unterschied bei den Patient\*innen, die beide Implantattypen inseriert bekommen haben, konnte jedoch nicht festgestellt werden.

Die Nullhypothese der stochastischen Unabhängigkeit der Merkmale Geschlecht und Gruppenzugehörigkeit konnte bei einem Signifikanzniveau von 5 % nicht verworfen werden ( $\chi^2$  nach Pearson (1, n= 64) = 0,641, p= 0,423). Von den 18 Patient\*innen mit Bone Level Implantaten waren 11 (61,1 %) Männer und 7 (38,9 %) Frauen. In der Gruppe der 46 Patient\*innen mit Tissue Level Implantaten waren beide Geschlechter zu gleichen Anteilen vertreten. Obwohl der Anteil der Männer in der Bone Level Gruppe größer war als die bei einer Annahme der Unabhängigkeit der Merkmale erwartete Häufigkeit

von 53,15 %, konnte die Abweichung nicht über den Zufall als signifikant abgesichert werden ( $p= 0,423$ ) (Abb. 20, Tab. 4 im Anhang). Für die Variable „Alter“ konnten keine signifikanten Mittelwertunterschiede zwischen den Gruppen nachgewiesen werden (Tissue Level vs. Bone Level:  $64,54 \pm 11,91$  vs.  $65,94 \pm 11,49$ ;  $t(62) = 0,427$ ,  $p= 0,671$ ).

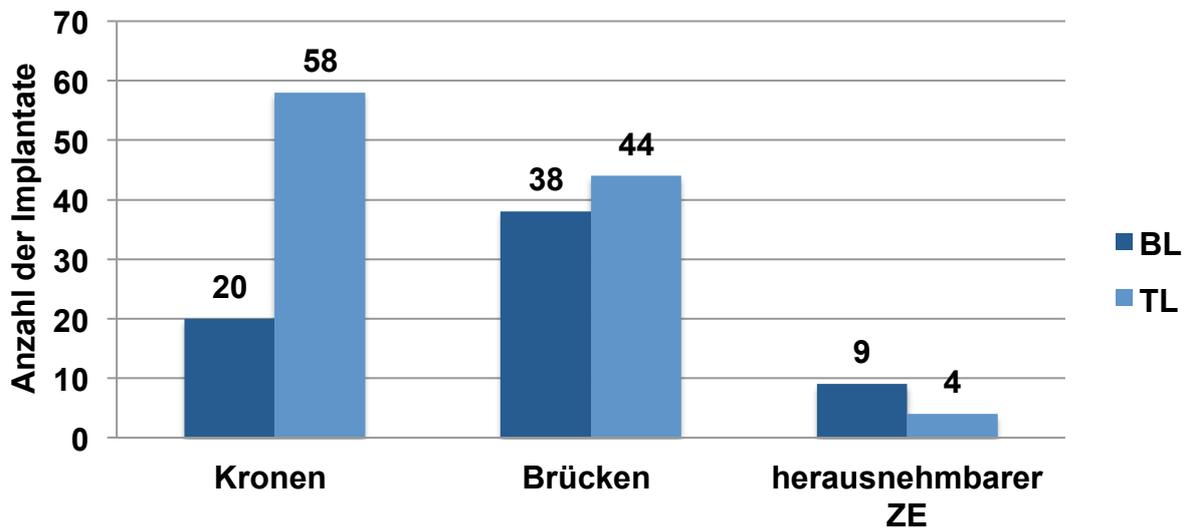


**Abb. 20:** Anzahl der männlichen und weiblichen Patient\*innen aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten

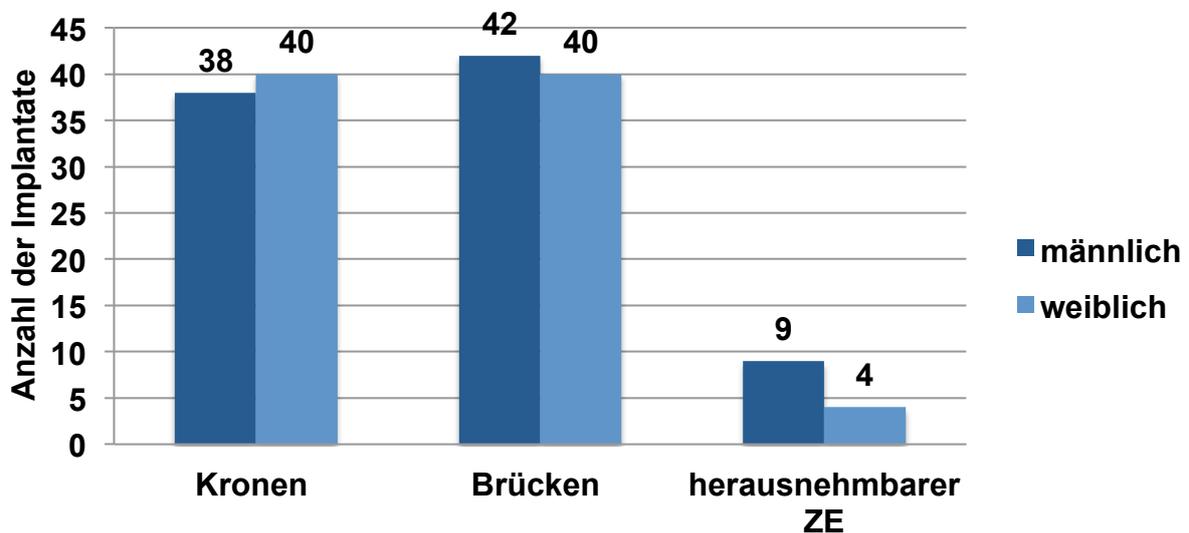
### Zahnersatz

Hinsichtlich des Zahnersatzes konnten signifikante Unterschiede der Anteile innerhalb der Gruppen nachgewiesen werden ( $\chi^2$  nach Pearson (2,  $n= 173$ ) = 25,96,  $p< 0,001$ , Cramer-V= 0,387), und zwar mit mittlerer bis großer Effektstärke. Bei 54,72 % der Tissue Level Implantate waren Kronen als prothetische Suprakonstruktionen zu finden. Die häufigste Form des Zahnersatzes bei Bone Level Implantaten waren Brücken mit einem Anteil von 56,72 %, während Kronen nur bei 29,85 % der Bone Level Implantate vorkamen bei einer zu erwartenden theoretischen Häufigkeit von 41,6 %. Aufgrund des Stichprobenergebnisses konnte statistisch gezeigt werden, dass bei Tissue Level Implantaten Kronen und bei Bone Level Implantaten Brücken die bevorzugte Form des Zahnersatzes waren. Ein herausnehmbarer Zahnersatz war bei beiden Systemen die seltenste Form der prothetischen Suprakonstruktion, wobei der Anteil bei dieser Art des Zahnersatzes bei Bone Level Implantaten mit 13,43 % etwas häufiger angewendet wur-

de, als theoretisch zu erwarten wäre. Die erwartete Häufigkeit für einen herausnehmbaren Zahnersatz beträgt 7,51 % (Abb. 21 und 22).



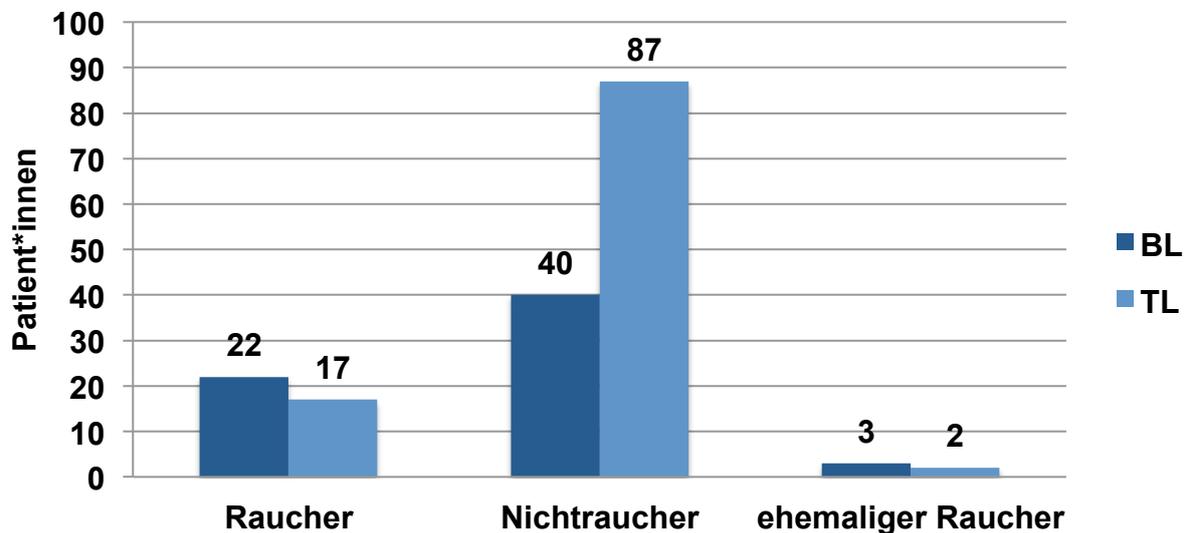
**Abb. 21:** Anzahl der prothetischen Suprakonstruktion in Kronen, Brücken und herausnehmbaren Zahnersatz aufgeteilt in Bone Level und Tissue Level Implantate



**Abb. 22:** Anzahl der Implantate aufgeteilt nach der prothetischen Suprakonstruktion und dem Geschlecht des jeweiligen Patient\*innen

### Rauchverhalten

Der Anteil der Raucher unter den Patient\*innen mit Bone Level Implantaten war mit 27,8 % etwas höher als in der Gruppe der Tissue Level Patient\*innen, in der nur 17,4 % angaben, aktive Raucher zu sein (Abb. 23 und Tab. 4 und 5 im Anhang). Diese deskriptiv nachweisbaren Unterschiede im Rauchverhalten zwischen den beiden Gruppen konnten allerdings nicht als signifikant nachgewiesen werden ( $\chi^2$  nach Pearson (1, n= 64)= 0,862, p= 0,49), sodass für die Grundgesamtheit von keinen wesentlichen Gruppenunterschieden im Rauchverhalten auszugehen ist. Hierbei ist zu beachten, dass es bei den Bone Level Implantaten zu 2 Früh- und 2 Spätverlusten kam.

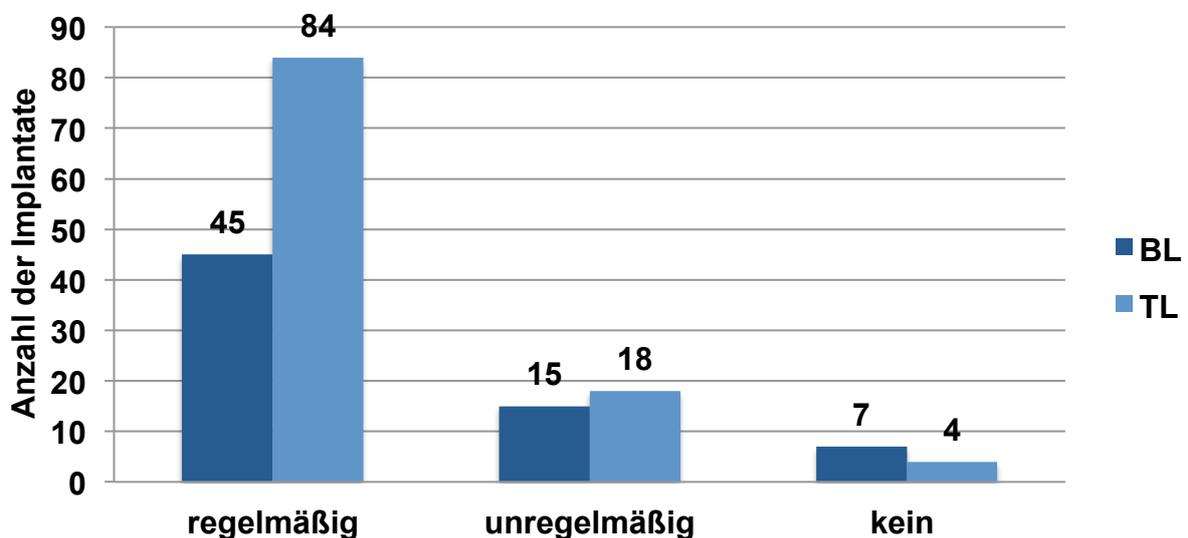


**Abb. 23:** Anzahl der Patient\*innen aufgeteilt nach Rauchverhalten und Bone Level und Tissue Level Implantate

### Recallverhalten

70 % (n= 45) der Patient\*innen der Stichprobe zeigten ein regelmäßiges Recallverhalten, während 25 % (n= 16) unregelmäßig und 5 % (n= 3) nie am Recall teilnahmen. Hinsichtlich des Recallverhaltens konnten signifikante Gruppenunterschiede aufgezeigt werden. Bei Teilnehmer\*innen mit Tissue Level Implantaten zeigte ein größerer Anteil ein regelmäßiges Recallverhalten (Tissue Level vs. Bone Level= 78,26 % vs. 50 %) (Abb. 24 und Tab. 5 und 6 im Anhang). Die erwartete Häufigkeit bei Annahme der Nullhypothese beträgt 70,31 %. Die in der Stichprobe nachgewiesenen Abweichungen der empirischen Häufigkeiten von den theoretischen Häufigkeiten konnten als signifikant mit

einer mittleren Effektstärke abgesichert werden ( $\chi^2$  nach Pearson (1, n= 64) = 4,95, p= 0,026; Cramer-V= 0,278). In der Gruppe der Bone Level Patient\*innen gab es offensichtlich einen größeren Anteil mit einem unzuverlässigen Recallverhalten. Von den 18 Teilnehmer\*innen dieser Gruppe nutzten nur neun regelmäßig die Recalltermine, während bei sieben Patient\*innen eine unregelmäßige und bei zwei Patient\*innen keine Inanspruchnahme des Recalls erfolgte. Hierbei ist zu beachten, dass es bei den Bone Level Implantaten zu 2 Frühverlusten kam, demnach konnten diese beiden Implantate in dem Recallverhalten nicht mit aufgelistet werden, da das Explantationsdatum vor erfolgter Recallteilnahme erfolgte. Die Spätverluste ereigneten sich während der aktiven Recallteilnahme, weswegen diese mit berücksichtigt wurden.

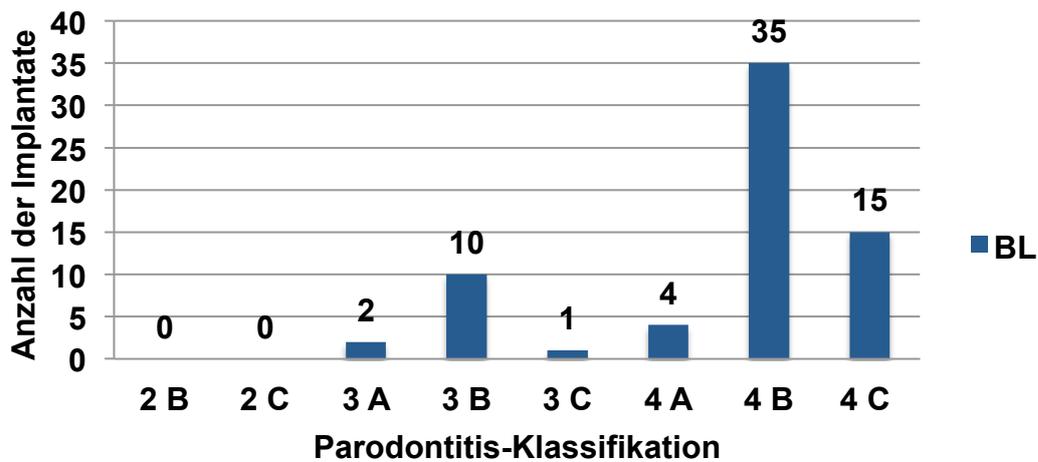


**Abb. 24:** Anzahl der untersuchten Patient\*innen, die regelmäßig oder unregelmäßig / kein Recallintervall aufwiesen, aufgeteilt auf Bone Level und Tissue Level Implantate

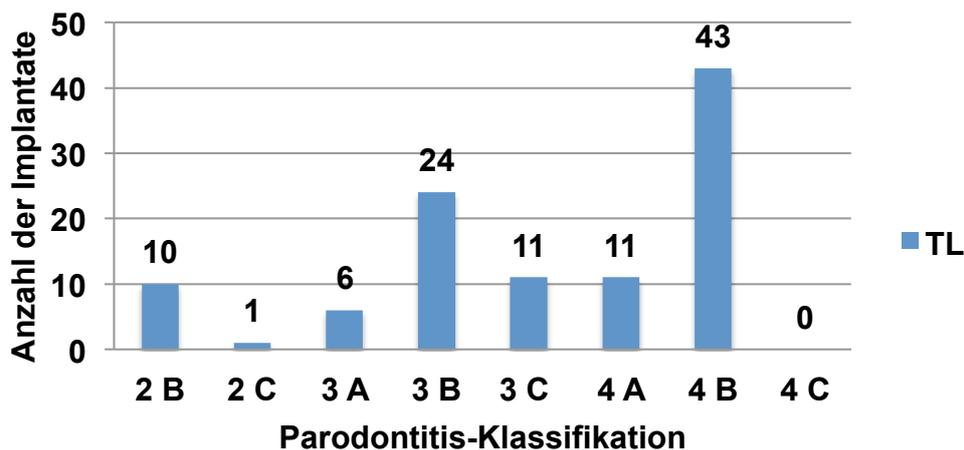
### Parodontitis

Hinsichtlich der Klassifikation der vorliegenden Parodontitis konnten in beiden Gruppen keine Patient\*innen mit einer frühen, beginnenden Parodontitis (1 A bis 1 C) gefunden werden. In beiden Gruppen hatte der größte Anteil der Patient\*innen eine Parodontitis des Stadiums 4 B (Tissue Level vs. Bone Level: 40,6 % vs. 52,2 %), also eine fortgeschrittene Form der Krankheit mit Zahnverlust und gestörter Kaufunktion sowie mit einem mittleren Risiko für die Krankheitsprogression (Stadium B). 22,6 % der Patient\*innen mit Tissue Level Implantaten und 14,9 % der Patient\*innen mit Bone Level

Implantaten konnten der Klasse 3 B zugeordnet werden, einer fortgeschrittenen Parodontitis sowie einem mittleren Risiko für die Krankheitsprogression. Keiner der Bone Level Patient\*innen konnte dem Stadium 2 zugeordnet werden, während 10,4 % der Tissue Level Patient\*innen eine Parodontitis der Kategorie 2 A und 2 B aufzeigten. Ein Anteil von 22,4 % der Bone Level Patient\*innen zeigte die schwerste Form der Parodontitis (4 C), während bei keinem der Patient\*innen mit Tissue Level Implantaten diese Klassifikation vorlag (Abb. 25 und 26).



**Abb. 25:** Jeweilige Anzahl der Bone Level Implantate bei verschiedenen Parodontitis-Stadien/Graden



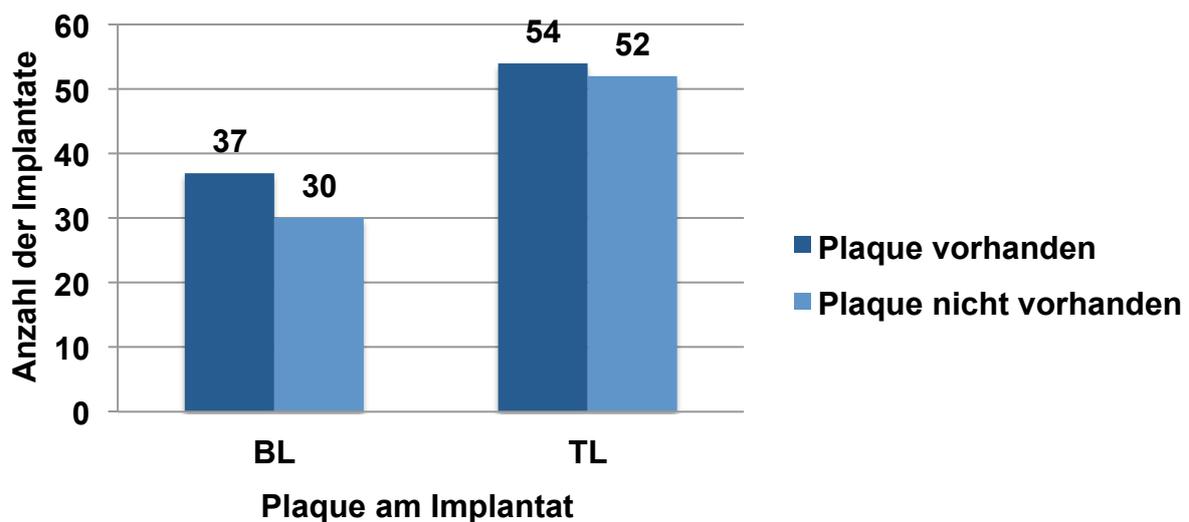
**Abb. 26:** Jeweilige Anzahl der Tissue Level Implantate bei verschiedenen Parodontitis-Stadien/Graden

### 3.2 Deskriptive Ergebnisse der Implantatbefunde

Die deskriptiven und inferentiellen Ergebnisse differenziert nach dem Implantatsystem hinsichtlich verschiedener Komplikationen und sonstiger Charakteristika auf Implantatebene sind in der Tabelle 8 im Anhang zusammengefasst.

#### Plaque am Implantat

Bei 50,9 % (n= 54) der Tissue Level Implantate und 55,2 % (n= 37) der Bone Level Implantate konnten zum Untersuchungszeitraum Plaqueanlagerungen nachgewiesen werden (Abb. 27 und Tab. 10 im Anhang). Die geringfügig unterschiedlichen Anteile von Implantaten mit Plaque in den beiden Gruppen der Stichprobe sind insignifikant ( $\chi^2$  nach Pearson (1, n= 173) = 0,302, p= 0,583), sodass von keiner präferentiellen Plaquebildung in Abhängigkeit vom Implantattyp auszugehen ist.

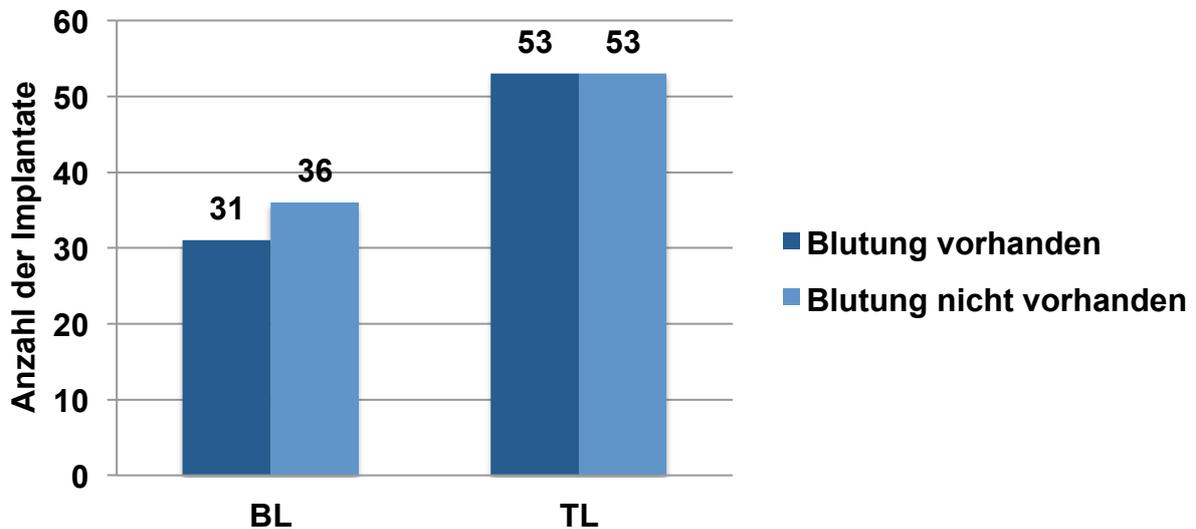


**Abb. 27:** Bone Level und Tissue Level Implantate aufgeführt nach einer vorhandenen / nicht vorhandenen Plaque am Implantat zum Untersuchungszeitpunkt

#### Blutung auf Sondieren am Implantat

Blutung auf Sondierung war bei Tissue Level Implantaten mit 50 % der Fälle (n= 53) etwas häufiger nachweisbar als theoretisch zu erwarten war (Abb. 28 und Tab. 10 im Anhang). Bei Bone Level Implantaten kam es in der Stichprobe mit einem Anteil von 46,3 % (n= 31) etwas seltener zu diesem Ereignis, wobei sich die empirischen Abweichungen

von der theoretisch erwarteten Häufigkeit als nicht signifikant gezeigt haben (Chi<sup>2</sup> nach Pearson (1, n= 173) = 0,229, p= 0,632).



**Abb. 28:** Bone Level und Tissue Level Implantate aufgeführt nach einer vorhandenen / nicht vorhandenen Blutung am Implantat zum Untersuchungszeitpunkt

#### Knochenabbau

Das Knochenniveau wurde anhand der Röntgenbilder, die nach prothetischer Belastung erstellt wurden, vermessen. Die positiven Werte stellen einen Knochengewinn, die negativen einen Knochenabbau dar.

Obwohl in der Stichprobe bei Verwendung von Bone Level Implantaten sowohl für den mesialen als auch für den distalen Knochenabbau ein im Mittel stärkerer Knochenabbau festgestellt wurde, konnten diese Ergebnisse in der Inferenzstatistik nicht als signifikant bestätigt werden (mesial: Tissue Level vs. Bone Level:  $-0,02 \text{ mm} \pm 0,74 \text{ mm}$  vs.  $-0,24 \text{ mm} \pm 1,02 \text{ mm}$ ,  $p= 0,136$ ; distal: Tissue Level vs. Bone Level:  $-0,16 \text{ mm} \pm 0,79 \text{ mm}$  vs.  $-0,41 \text{ mm} \pm 0,99 \text{ mm}$ ,  $p= 0,066$ ) (Abb. 29, 30, 31 und 32; Tab. 10 im Anhang).

Insgesamt konnte bei drei Implantaten, alle vom Typ Bone Level, ein Knochenabbau  $\geq 2 \text{ mm}$  festgestellt werden.

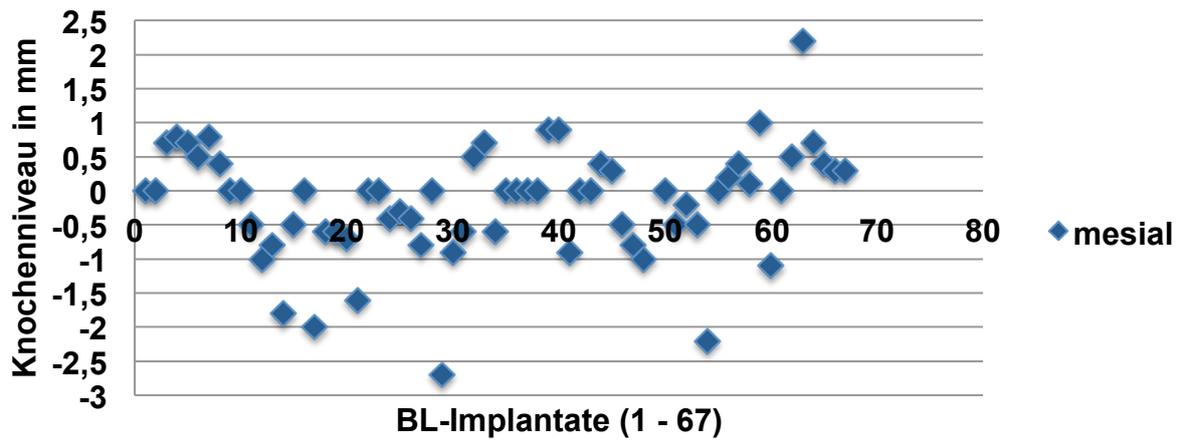


Abb. 29: Mesiales Knocheniveau angegeben in mm bei 67 Bone Level Implantaten

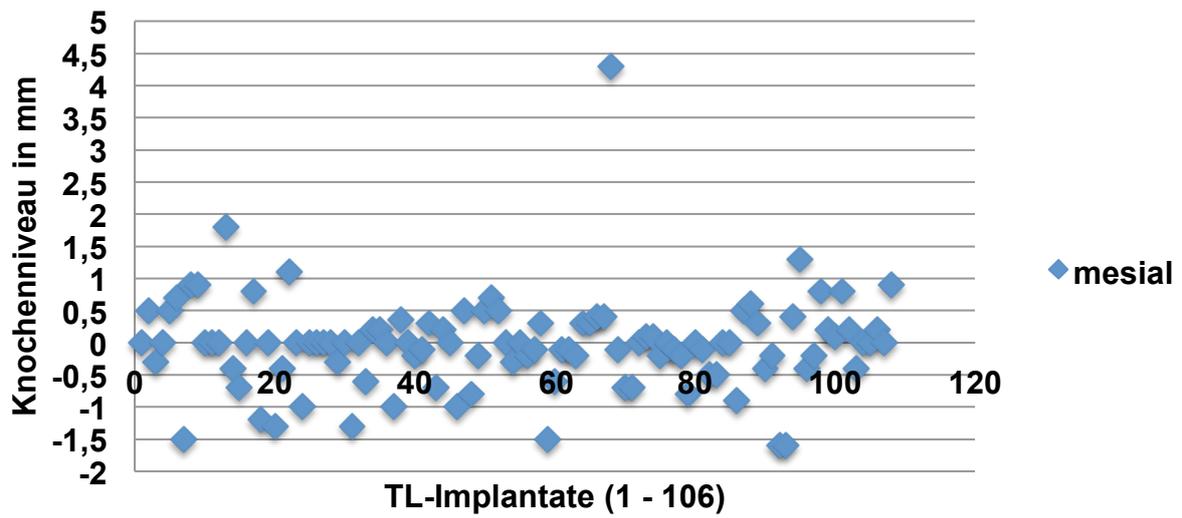


Abb. 30: Mesiales Knocheniveau angegeben in mm bei 106 Tissue Level Implantaten

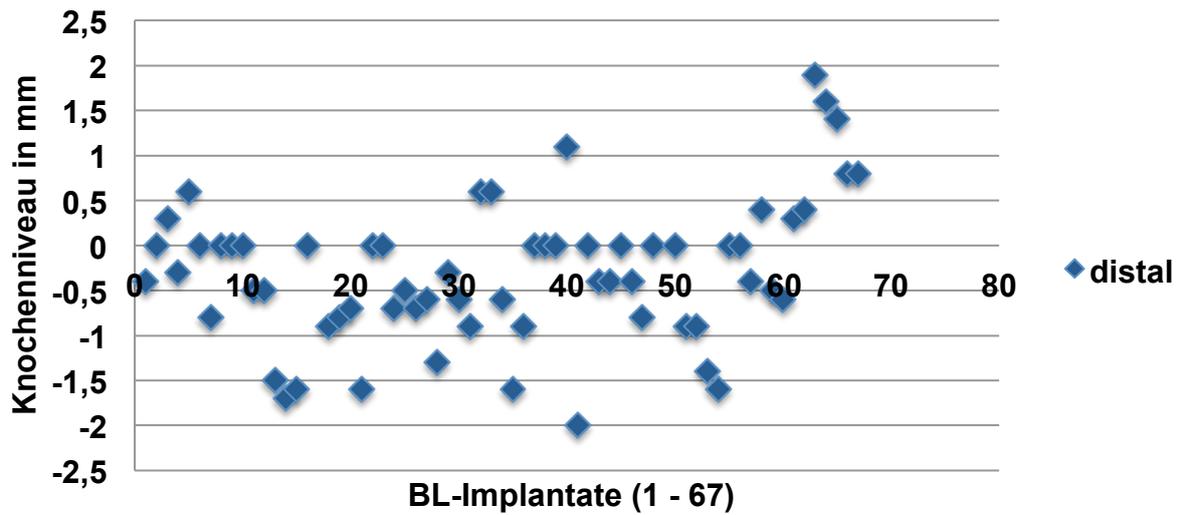


Abb. 31: Distales Knocheniveau angegeben in mm bei 67 Bone Level Implantaten

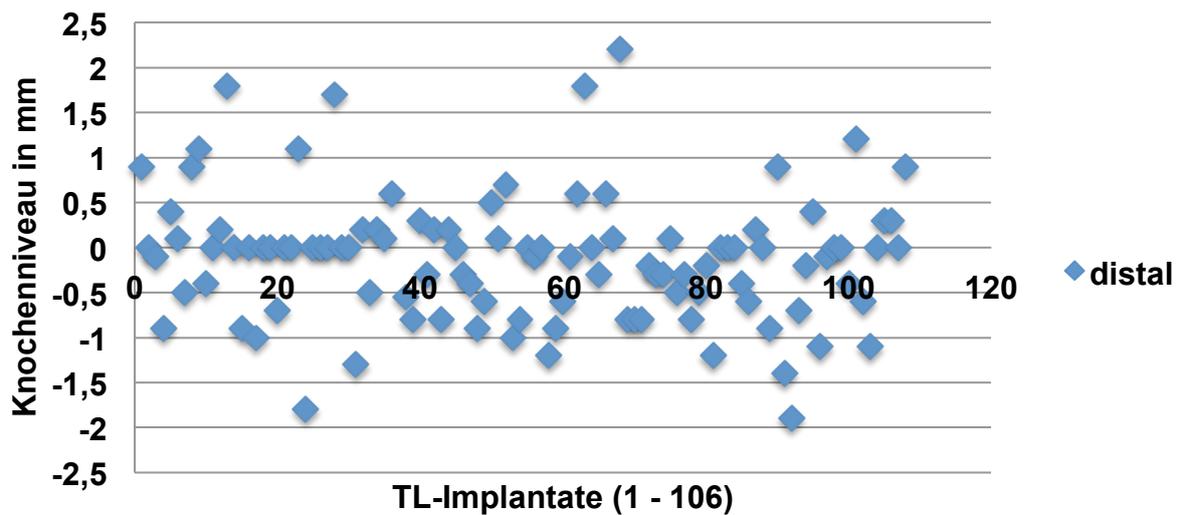
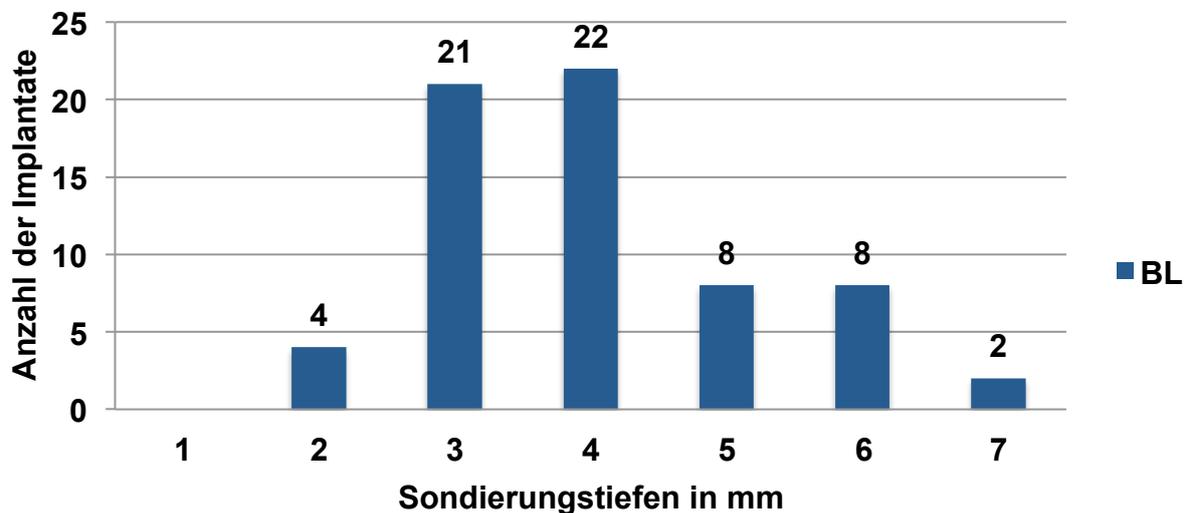


Abb. 32: Distales Knocheniveau angegeben in mm bei 106 Tissue Level Implantaten

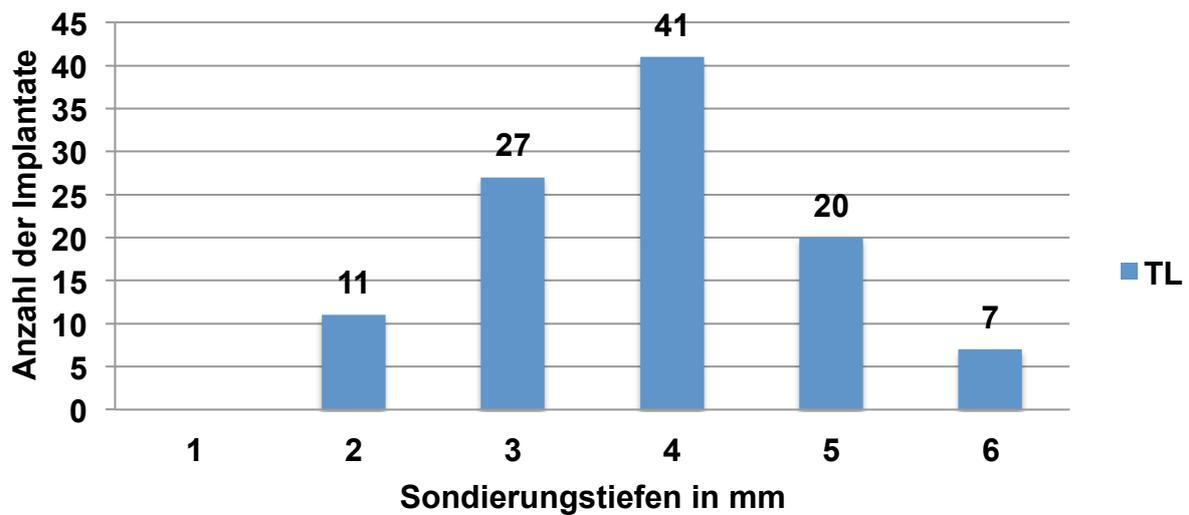
### Sondierungstiefe am Implantat

Bezüglich der Sondierungstiefe konnten bei Bone Level Implantaten mit 16,4 % der Fälle (n= 10) häufiger auffällige Werte über 5 mm nachgewiesen werden als bei Tissue Level Implantaten mit einem Anteil von 5,7 % (n= 7) der Implantate. Diese abweichenden Häufigkeiten konnten als signifikant mit einem schwachen bis mittleren Effekt bestätigt werden (Chi<sup>2</sup> nach Pearson (1, n= 173) = 5,361, p= 0,021, Cramer-V= 0,176) (Abb. 33 und 34; Tab. 10 im Anhang).

Hierbei ist zu beachten, dass es bei den Bone Level Implantaten zu 4 Verlusten kam, demnach konnten diese Implantate an dem Untersuchungsdatum nicht nachkontrolliert werden und wurden deswegen auch nicht mit aufgeführt.



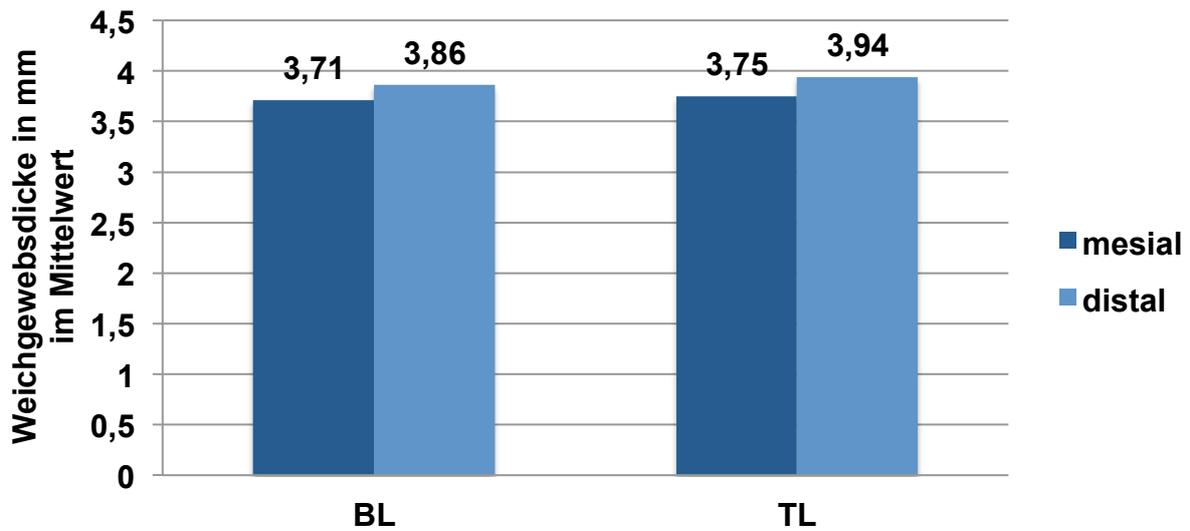
**Abb. 33:** Jeweilige Anzahl der Bone Level Implantate mit maximalen Sondierungstiefen (in mm) von 2 – 7 mm



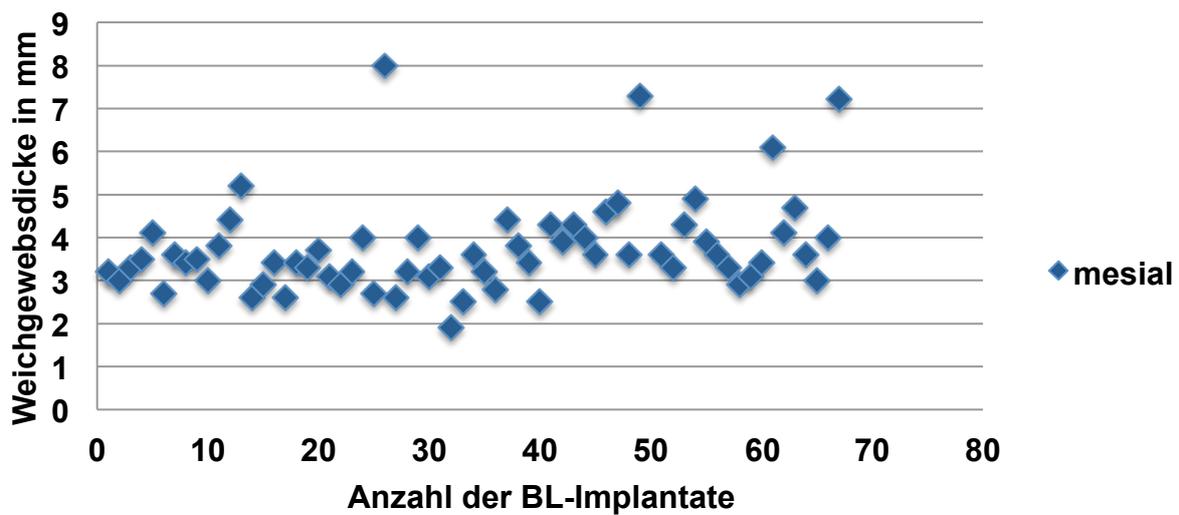
**Abb. 34:** Jeweilige Anzahl der Bone Level Implantate mit maximalen Sondierungstiefen (in mm) von 2-7 mm

#### Weichgewebsdicke am Implantat

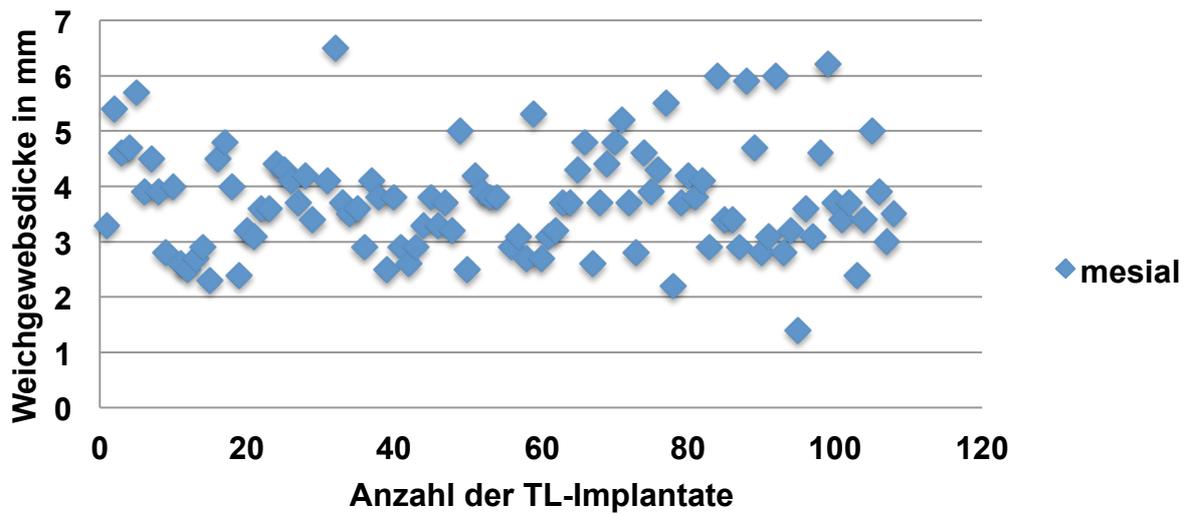
Es konnten weder für die mittlere mesiale noch für die mittlere distale Weichgewebsdicke signifikante Unterschiede zwischen den Implantatsystemen nachgewiesen werden (mesial: Tissue Level vs. Bone Level: 3,75 mm  $\pm$ 0,96 mm vs. 3,71 mm  $\pm$ 1,09 mm;  $p=0,808$ ; distal: Tissue Level vs. Bone Level: 3,94 mm  $\pm$ 1,09 mm vs. 3,86 mm  $\pm$ 0,98 mm;  $p=0,649$ ) (Abb. 35, 36, 37, 38 und 39 s. Tab. 10 und 11 im Anhang).



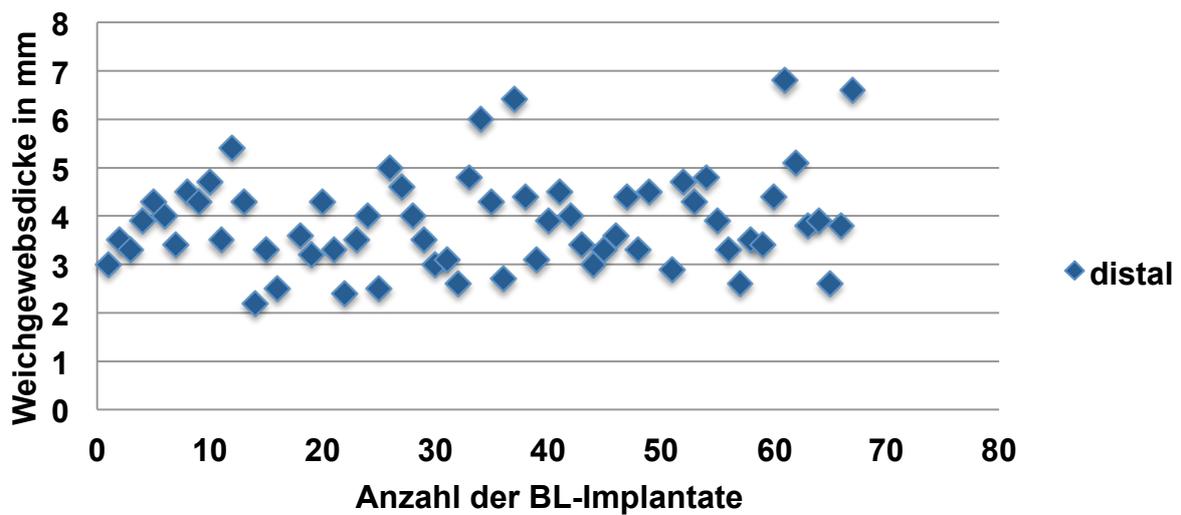
**Abb. 35:** Mesiale und distale Weichgewebstdicke angegeben in mm, aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten im Mittelwert



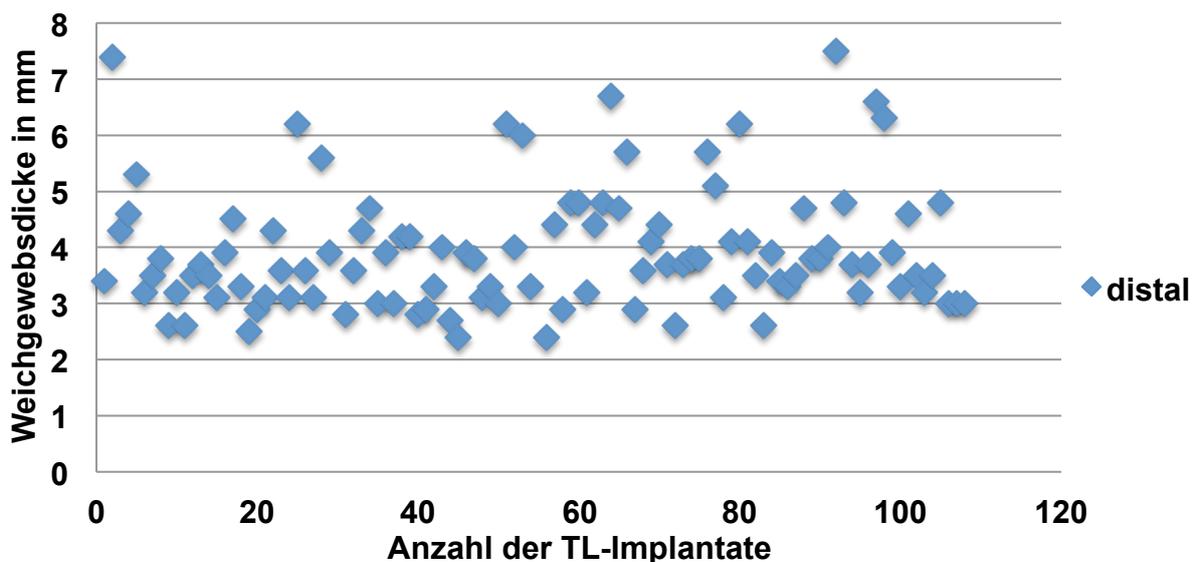
**Abb. 36:** Mesiale Weichgewebstdicke angegeben in mm an den Bone Level Implantaten



**Abb. 37:** Mesiale Weichgewebsdicke angegeben in mm an den Tissue Level Implantaten



**Abb. 38:** Distale Weichgewebsdicke angegeben in mm an den Bone Level Implantaten



**Abb. 39:** Distale Weichgewebsdicke angegeben in mm an den Tissue Level Implantaten

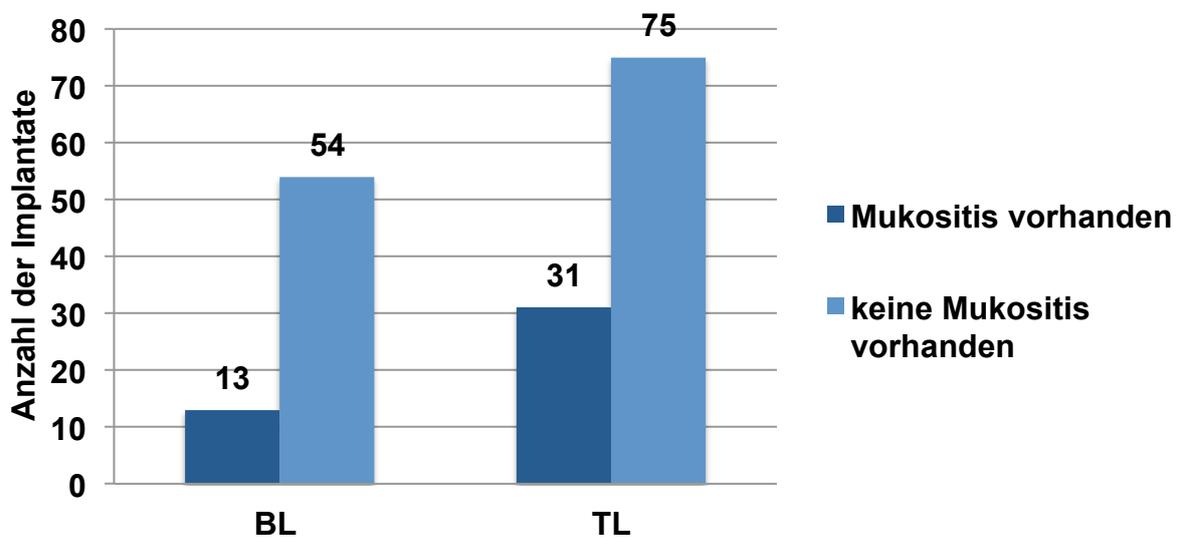
In der Tabelle 10 im Anhang sind die 95 %-Konfidenzintervalle für die mittlere mesiale und distale Weichgewebsdicke sowie für den mittleren mesialen und distalen Knochenabbau differenziert nach dem Implantatsystem zusammengefasst.

Die Konfidenzintervalle liefern für die untersuchten Variablen in Abhängigkeit vom Implantatsystem vergleichbare Ergebnisse. Dies ist konform zu den im t-Test nachgewiesenen fehlenden Signifikanzen. Die größeren Unterschiede erhält man für den Knochenabbau. Der mittlere mesiale Knochenabbau für Tissue Level Implantate in der Grundgesamtheit wird beispielsweise mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % durch das Intervall von -0,322mm bis -0,163 mm überdeckt, während das entsprechende Intervall für Bone Level Implantate auf einen höheren mittleren mesialen Knochenabbau hinweist, da der Mittelwert der Grundgesamtheit für dieses Implantatsystem mit einer 95 %-igen Wahrscheinlichkeit durch das Intervall von -0,625 mm bis -0,217 mm überdeckt wird.

### 3.3 Prävalenz der periimplantären Erkrankungen

#### 3.3.1 Mukositis

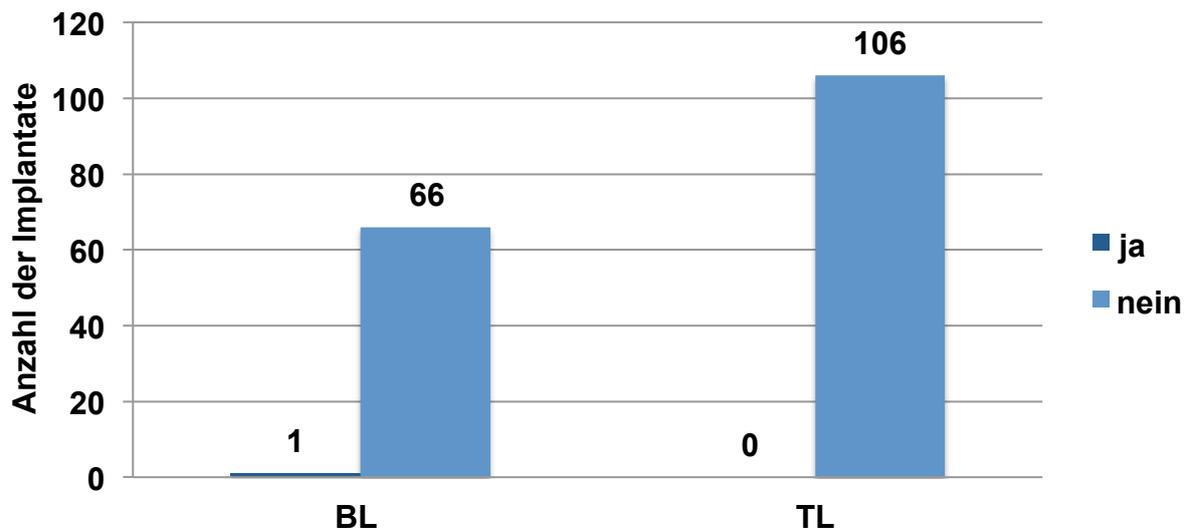
Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeiten einer Mukositis zwischen den zwei untersuchten Implantatsystemen (Mukositis:  $\chi^2$  nach Pearson (1, n= 175) = 2,404 p= 0,121). Eine Mukositis wurde häufiger beobachtet, und zwar bei 29,2 % (n= 31) der Tissue Level Implantate und 18,8 % (n= 13) der Bone Level Implantate (Abb. 40 und Tab. 10 im Anhang).



**Abb. 40:** Absolute Häufigkeiten der Mukositis differenziert nach dem Implantatsystem

#### 3.3.2 Peri-implantitis

Eine Peri-implantitis konnte bei keinem Tissue Level Implantat und nur bei einem Bone Level Implantat nachgewiesen werden (Abb. 41 und s. Tab. 10 im Anhang). Auch hier zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeiten in Form einer Peri-implantitis zwischen den zwei untersuchten Implantatsystemen (Peri-implantitis: Exakter Test nach Fisher, p= 0,156).

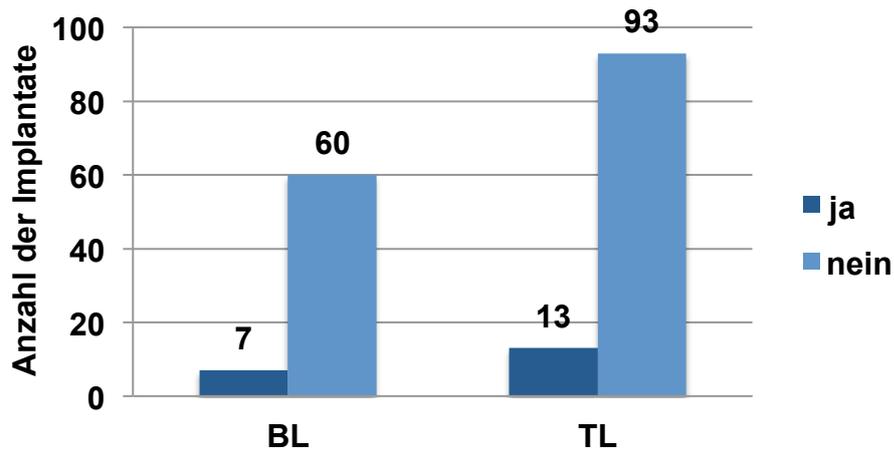


**Abb. 41:** Absolute Häufigkeiten der Peri-implantitis differenziert nach dem Implantatsystem

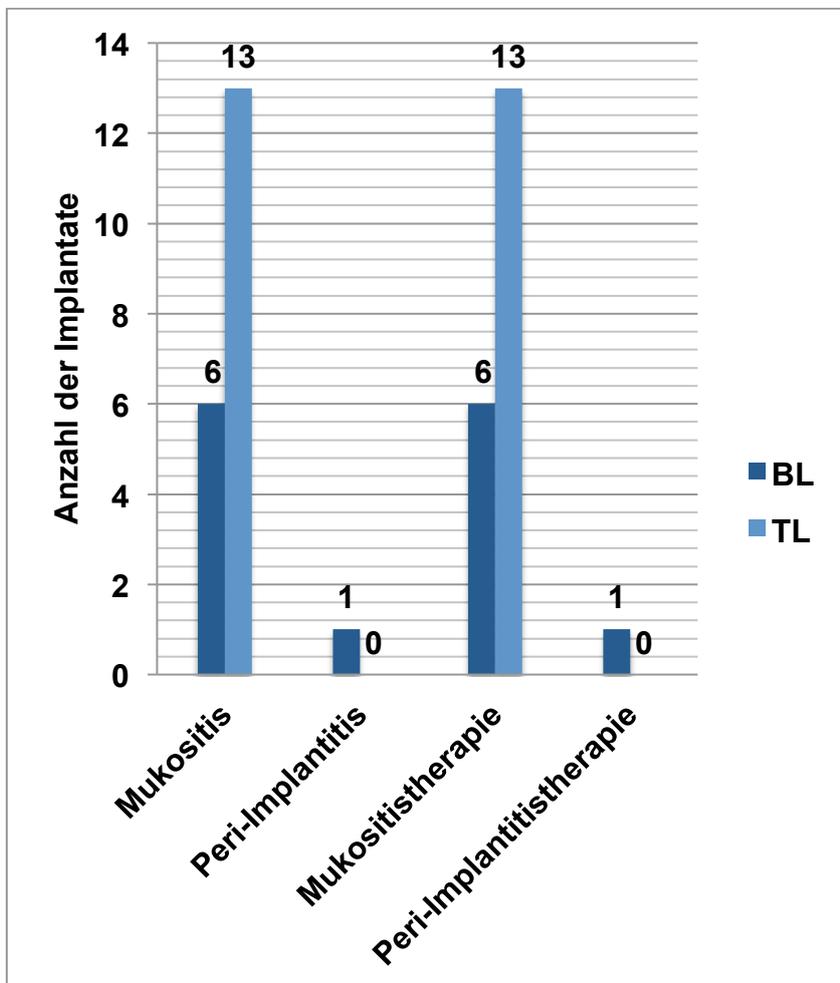
### 3.4 Implantatkomplikationen

#### 3.4.1 Biologische Komplikationen

Insgesamt traten in der vorliegenden Studie 20 biologische Komplikationen nach Insertion der Implantate bis zum Nachuntersuchungsdatum auf. 13 biologische Komplikationen (12,3 %) der Tissue Level Implantate und 7 Bone Level Implantate (10,4 %) wurden festgestellt (Abb. 42 und 43; s. Tab. 10 im Anhang). Bei 19 Implantaten konnte eine Mukositis nachgewiesen werden, in 2 Fällen konnte aufgezeigt werden, dass ein Mukositis Ereignis einer Peri-implantitis vorausging. Die Häufigkeit der biologischen Komplikationen zeigte sich bei beiden Implantatsystemen als nicht signifikant abweichend von der theoretisch zu erwartenden Häufigkeit (Biologische Komplikationen:  $\chi^2$  nach Pearson (1, n= 175)= 0,185, p= 0,667). Insgesamt konnte in dieser Stichprobe keine wesentliche Abhängigkeit der biologischen Komplikationsraten zwischen den verschiedenen Systemen bestätigt werden.



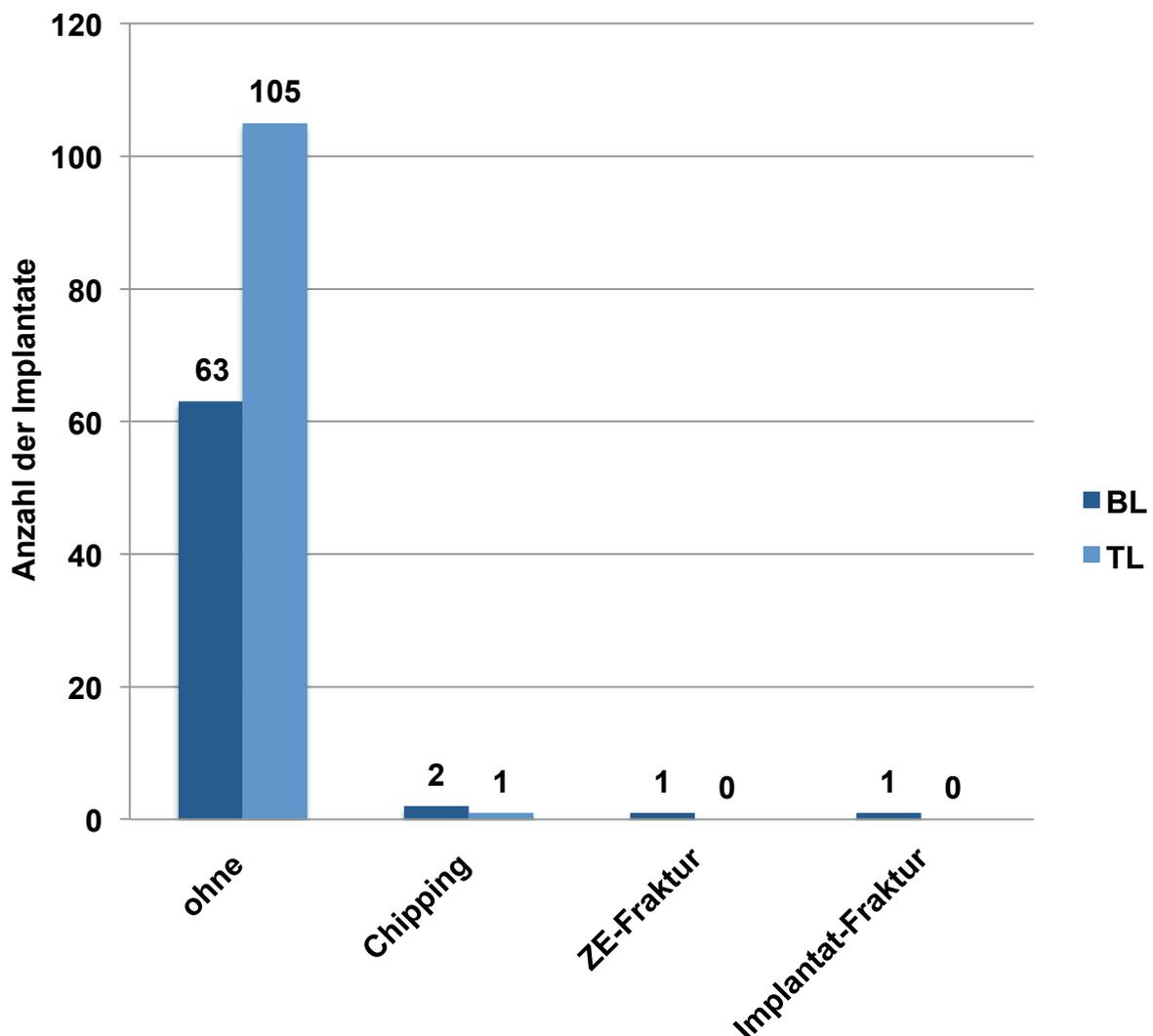
**Abb. 42:** Häufigkeit der auftretenden biologischen Komplikationen aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten



**Abb. 43:** Vorhandensein einer Mukositis und / oder Peri-implantitis und die durchgeführte Therapie aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten

### 3.4.2 Technische Komplikationen

Technische Komplikationen konnten nur bei einem Tissue Level Implantat und 4 Bone Level Implantaten nachgewiesen werden. Anhand der Patientenakten konnten die aufgetretenen Komplikationen ermittelt werden. Es handelt sich um eine Zahnersatzfraktur, eine Implantatfraktur und zwei Abplatzungen (Chipping). Auch bei den technischen Komplikationen zeigte sich bei beiden Implantatsystemen die Häufigkeit als nicht signifikant abweichend von der theoretisch zu erwartenden Häufigkeit (Technische Komplikationen: Exakter Test nach Fisher,  $p=0,302$ ) (Abb. 44 und Tab. 10 im Anhang). Insgesamt konnte in dieser Stichprobe keine wesentliche Abhängigkeit der technischen Komplikationsraten zwischen den verschiedenen Systemen bestätigt werden.

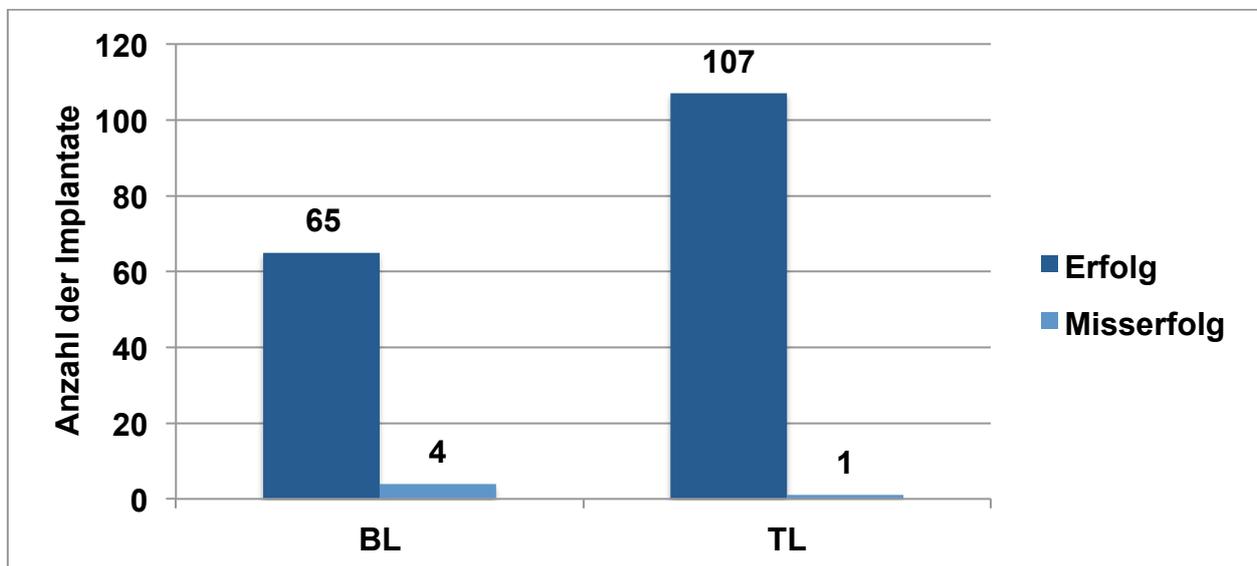


**Abb. 44:** Häufigkeit der auftretenden technischen Komplikationen aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten

### 3.5 Implantaterfolg

Von den insgesamt 175 nachuntersuchten Implantaten stellten sich 61 Bone Level und 106 Tissue Level Implantate als erfolgreich heraus. 5 Bone Level Implantate wurden nach den beschriebenen Kriterien nach Misch als Misserfolg gewertet (Erfolg/Misserfolg: Exakt nach Fisher,  $p = 2,01$ ).

Von den 5 Bone Level Implantaten wurden 3 aufgrund eines radiologisch sichtbaren Knochenverlustes  $> 2$  mm seit Implantatinserktion als Misserfolg nach Misch gewertet werden. 2 weitere Verluste wiesen eine Mobilität des Implantates mit Exsudation aus dem periimplantären Gewebe und Schmerzempfinden seitens des Patienten\*innen auf. Keines der Tissue Level Implantate zählte als Misserfolg (Abb. 45).



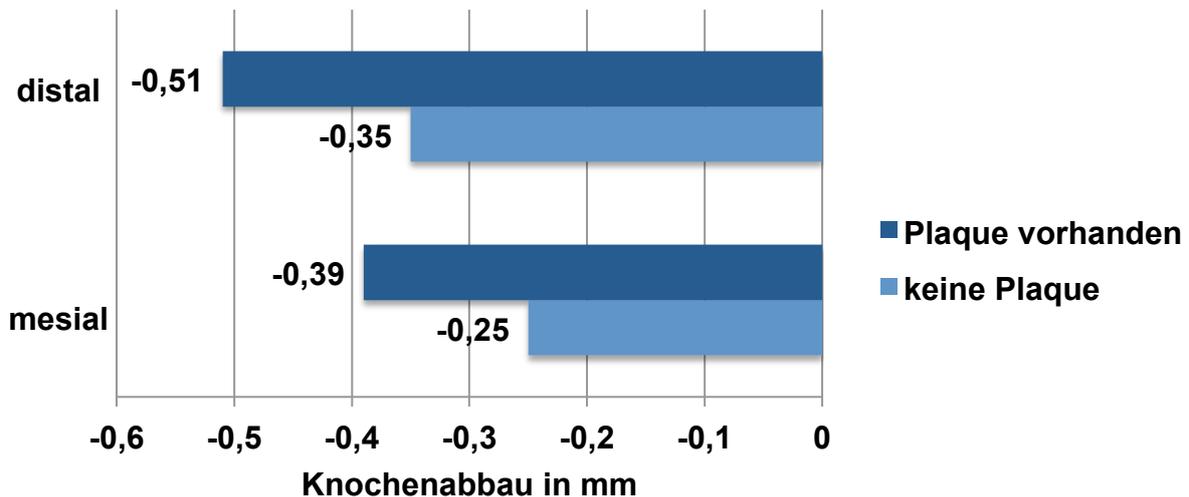
**Abb. 45:** Implantaterfolg und -misserfolg nach Misch et al. (2008) dargestellt für beide Implantattypen

#### 3.5.1 Einflüsse auf den Knochenabbau

Mit einem einseitigen t-Test für unabhängige Stichproben wurde in drei Tests geprüft, ob der mittlere mesiale und distale Knochenabbau bei Implantaten mit Plaque, oder mit biologischen Komplikationen oder bei Patient\*innen mit einem unzuverlässigen Recallverhalten größer ist als in der Vergleichsgruppe.

Für die Stichprobe konnte vom Niveau ein im Mittel stärkerer mesialer und distaler Knochenabbau aufgezeigt werden falls Plaque am Implantat nachweisbar war (mesial:

Plaque vs. keine Plaque: -0,39 mm vs. -0,25 mm; distal: Plaque vs. keine Plaque: -0,51 mm vs. -0,35 mm). Allerdings konnten diese Unterschiede als nicht signifikant in der Inferenzstatistik bestätigt werden (mesialer Knochenabbau:  $t(171) = 1,448$ ,  $p = 0,07$ ; distaler Knochenabbau:  $t(171) = 1,552$ ,  $p = 0,062$ ) (Abb. 46).



**Abb. 46:** Mesialer und distaler Knochenabbau (mm) in Abhängigkeit von Plaque am Implantat zum Untersuchungszeitpunkt im Mittelwert

Beim Vorhandensein einer biologischen Komplikation zeigte sich in der Stichprobe ein im Mittel erhöhter mesialer und distaler Knochenabbau (mesial: Komplikationen vs. keine Komplikationen: -0,72 mm vs. -0,27 mm; distal: Komplikationen vs. Keine Komplikationen: -0,64 mm vs. -0,41 mm). Allerdings konnten diese Mittelwertunterschiede in der prognostizierten Richtung nicht über den Zufall als statistisch signifikant nachgewiesen werden (mesialer Knochenabbau:  $t(171) = 1,407$ ,  $p = 0,089$ ; distaler Knochenabbau:  $t(171) = 1,378$ ,  $p = 0,085$ ).

Bei einem unzuverlässigen Recallverhalten war in der Stichprobe ein höherer mittlerer mesialer und distaler Knochenabbau nachweisbar (mesial: unzuverlässig vs. zuverlässig: -0,41 mm vs. -0,29 mm; distal: unzuverlässig vs. zuverlässig: -0,57 mm vs. -0,39 mm). Allerdings konnten nur für den distalen Knochenabbau die deskriptiv gezeigten Mittelwertunterschiede als signifikant mit einer geringen Effektstärke ( $d = 0,254$ ) bestätigt werden (mesialer Knochenabbau:  $t(171) = 1,09$ ,  $p = 0,1385$ ; distaler Knochenabbau:  $t(171) = 1,658$ ,  $p = 0,0495$ , Cohen's  $d = 0,254$ ).

In einer einfaktoriellen Varianzanalyse (Tab. 7 im Anhang) wurde geprüft, ob es signifikante Unterschiede der Gruppenmittelwerte für die abhängigen Variablen „mesialer Knochenabbau“ und „distaler Knochenabbau“ gibt. Die Art des Zahnersatzes ist dabei die unabhängige Variable mit den Faktorstufen „Kronen“, „Brücken“ und „herausnehmbarer Zahnersatz“.

Die deskriptiven und induktiven Ergebnisse der Varianzanalyse für die abhängigen Variablen sind in der Tabelle 8 im Anhang zusammengefasst.

Brücken scheinen also mit einem größeren Knochenabbau assoziiert zu sein (Brücken vs. Kronen:  $-0,5189$  mm vs.  $-0,2569$  mm). In der Stichprobe erhielt man im Mittel den größten Knochenabbau für den herausnehmbaren Zahnersatz. Allerdings konnten keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zu den anderen Formen des Zahnersatzes nachgewiesen werden. Hier ist die hohe Varianz der Messergebnisse für diese Faktorstufe ( $SD = 1,088$  mm) zu berücksichtigen, sodass die deskriptiv gezeigten Mittelwertunterschiede in der Inferenzstatistik nicht bestätigt werden konnten.

Die Ergebnisse zur Korrelationsanalyse zum Zusammenhang zwischen der Variable „Knochenabbau“ und den Variablen „Untersuchungszeitraum“, „Gingivadicke“ sowie „Sondierungstiefe“ sind in der Tabelle 9 im Anhang zusammengefasst.

Lediglich für die Variablen „mesialer Knochenabbau“ und „Gingivadicke“ konnte ein signifikanter Zusammenhang ( $p = 0,022$ ) mit einer sehr geringen Effektstärke ( $r = -0,175$ ) ermittelt werden. Der Korrelationskoeffizient der Population wurde hier statistisch jeweils als von Null verschieden nachgewiesen. Für die sonstigen untersuchten Zusammenhänge konnten keine signifikanten Ergebnisse aufgezeigt werden.

## 4. Diskussion

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, bei Patient\*innen einer parodontologischen Fachpraxis für zwei Implantattypen (Bone Level und Tissue Level) nach einer Implantatliegedauer von mindestens 5 Jahren deren Erfolgsrate und die Prävalenz von periimplantären Erkrankungen zu vergleichen, sowie mögliche Faktoren für einen Misserfolg zu ergründen. Auch sollte die Häufigkeit von biologischen und technischen Komplikationen im Untersuchungszeitraum dargestellt werden. Es konnten folgende Ergebnisse ermittelt werden:

- Die Erfolgsrate der Tissue Level Implantate lag bei 100 % und die der Bone Level Implantate bei 92,4 %,
- Biologische Komplikationen traten im Untersuchungszeitraum bei 12,3 % der Tissue Level und bei 10,4 % der Bone Level Implantate auf,
- Technische Komplikationen ereigneten sich im Untersuchungszeitraum bei 0,9 % der Tissue Level und bei 5,9 % der Bone Level Implantate,
- Die Prävalenz der periimplantären Mukositis lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung für die Tissue Level Implantate bei 29 % und für die Bone Level Implantate bei 19 %,
- Der durchschnittliche Knochenabbau der Bone Level Implantaten mesial  $-0,24 \text{ mm} \pm 1,02 \text{ mm}$  und distal  $-0,41 \text{ mm} \pm 0,99 \text{ mm}$ , bei den Tissue Level Implantaten waren es mesial  $-0,02 \text{ mm} \pm 0,74 \text{ mm}$  und distal  $-0,16 \text{ mm} \pm 0,79 \text{ mm}$ ,
- Die Prävalenz der Peri-implantitis lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung für die Tissue Level Implantate bei 0,0 % und für die Bone Level Implantate bei 1,4 %.

Weitere signifikante Zusammenhänge konnten wie folgt festgestellt werden:

- Je seltener die Teilnahme am Recall stattgefunden hatte, desto mehr Komplikationen waren aufgetreten (mittlere Effektstärke),
- Je mehr Komplikationen im Untersuchungszeitraum stattgefunden hatten, desto höher waren die Sondierungstiefen an den betroffenen Implantaten (schwache bis mittlere Effektstärke),

- Je weniger Knochenabbau sich an den Implantaten ereignet hatte, desto weniger Komplikationen waren vorgefallen (mittlere Effektstärke).

Bezüglich der untersuchten Faktoren Rauchen, Geschlecht und Alter konnten keine signifikanten Effektstärken herausgestellt werden.

#### 4.1 Diskussion des Patientenkollektivs und des Studiendesigns

Das gewählte Studiendesign in Form einer retrospektiven Analyse hat selbstverständlich gewisse Limitationen und demnach sind die vorliegenden Ergebnisse mit Vorsicht zu betrachten. Bei dem retrospektiven Studiendesign können Hypothesen aufgestellt, Auffälligkeiten und Beobachtungen herausgestellt und statistische Abweichungen ermittelt werden (Meijer und Raghoobar, 2012). Allerdings können Risikofaktoren nicht evidenzbasiert ermittelt werden (Rocchietta und Nisand, 2012).

Häufig ist bei einem retrospektiven Studiendesign die wissenschaftliche Aussagekraft aufgrund von unvollständigen Dokumentationen oder unterschiedlich untersuchten Gruppengrößen reduziert. In der vorliegenden Studie ist dies ebenfalls der Fall. Von den zwischen 2008 und 2015 über 500 in der Fachpraxis eingesetzten Bone und Tissue Level Implantaten konnten nur 175 Implantate bei 64 Patient\*innen nachuntersucht werden, da zahlreiche Patient\*innen entweder nicht erreicht werden konnten oder aber nicht bereit waren, an einer Nachuntersuchung teilzunehmen. Dies war auch durch die 2020 einsetzende Corona-Pandemiebedingt, wodurch die Bereitschaft der Patient\*innen sank, in die Praxis zu kommen.

Des Weiteren stellt es sich als nicht einfach dar, einige der Verlaufswerte zu kontrollieren und zu beurteilen. Das Rauchverhalten als auch das Recallverhalten und die Mundhygiene der Patient\*innen stellen Parameter dar, die sich im Laufe des Untersuchungszeitraumes ändern konnten. Deswegen sind diese ermittelten Zusammenhänge als kritisch zu betrachten.

Allerdings folgt die vorliegende Studie den Forderungen von Tonetti und Palmer (2012) im 8. European Workshop of Periodontology, mehr Daten zu Implantaten aus Zahnarztpraxen zu veröffentlichen. Auch der fünfte European Workshop of Periodontology (2005)

forderte dies, da die überwiegende Anzahl der zahnärztlichen Behandlungen in Praxen durchgeführt werden. Daten aus universitär durchgeführten, randomisiert kontrollierten Studien repräsentieren nicht den Versorgungsalltag und sind daher nicht ohne weiteres auf diesen übertragbar. Vor diesem Hintergrund ist die vorliegende Arbeit als durchaus relevant einzustufen. Die Präsentation der Studie und ihrer Ergebnisse erfolgte unter Beachtung der Kriterien für Beobachtungsstudien, den STROBE-Kriterien (Meijer und Raghoobar, 2012).

Die vorliegende Untersuchung hatte zum Ziel einen Vergleich zwischen zwei unterschiedlichen Implantatsystemen in der klinischen Anwendung nach mindestens 5 Jahren Funktion herzustellen. Dabei sollten weitestgehend vergleichbare klinische Anwendungsbedingungen vorliegen, um eine Übertragbarkeit der Ergebnisse zu ermöglichen. Dies ist unter den Alltagsbedingungen einer Zahnarztpraxis nur eingeschränkt gelungen, da nur ca. 33 % der in Frage kommenden Patient\*innen im untersuchten Zeitraum bereit waren, an der Studie teilzunehmen.

Als Stärke des untersuchten Kollektivs ist allerdings festzuhalten, dass bei allen Patient\*innen die Vorgeschichte einer behandelten Parodontitis vorlag. Dies ist insofern von großer Bedeutung, als Carra et al. (2012) in einer systematischen Übersicht mit Meta-Analyse zeigen konnten, dass die Vorgeschichte einer Parodontitis mit niedrigeren Implantatüberlebensraten und einem höheren Risiko, innerhalb von 5 bis 10 Jahren der Implantatbelastung an einer Peri-implantitis zu erkranken, assoziiert war. Auch konnten die 10- und 20-Jahres-Ergebnisse einer prospektiven Studie von Rocuzzo et al. (2012 und 2022) erweisen, dass bei parodontal vorgeschädigten Implantat-Patient\*innen trotz erfolgreicher Parodontaltherapie und engmaschigem Recallprogramm signifikant mehr biologische Komplikationen und erhöhte Sondierungstiefen auftraten, als bei parodontal Gesunden.

Für den Vergleich der Ergebnisse aus der vorliegenden Arbeit mit denjenigen aus der publizierten Literatur muss allerdings grundsätzlich festgehalten werden, dass unterschiedliche Falldefinitionen, Studiendesigns, Gruppengrößen und Ein- und Ausschlusskriterien diesen Vergleich erschweren.

## 4.2 Diskussion der Implantatbefunde

### Plaque am Implantat

Bei Bone Level Implantaten konnten in 55,2 % der Fälle Plaqueablagerungen festgestellt werden, während 50,9 % (n= 54) der Tissue Level Implantate betroffen waren, wobei sich dieser Unterschied als nicht signifikant erwiesen hat. Aufgrund des Stichprobenergebnisses kann man nicht davon ausgehen, dass eines der getesteten Implantatsysteme die Plaquebildung begünstigt.

Bakterielle Plaque-Biofilme konnten in zahlreichen Studien als bedeutender ätiologischer Faktor der periimplantären Mukositis bestätigt werden (Renvert et al., 2008; Jepsen et al., 2015). Dabei wird die Pathogenese der Erkrankung durch implantatspezifische und patientenspezifische Faktoren, wie beispielsweise das Rauchen, begünstigt (Renvert et al., 2008). Hinsichtlich der implantatabhängigen Faktoren konnten Berglundh et al. (1991) aufzeigen, dass die häufig schmalere keratinisierte Gingiva bei Bone Level Implantaten die Anfälligkeit gegenüber mechanischen Belastungen erhöht und die tägliche Mundhygiene der Implantate erschwert. Analog zu diesen Erkenntnissen beschrieben Chung et al. (2006) eine erhöhte Plaqueadhäsion durch das Fehlen einer keratinisierten Gingiva. Die hier untersuchten Implantate sowohl Bone Level, als auch Tissue Level hatten alle > 2mm breite keratinisierte Mukosa, bukkal und lingual, daher wurde dieser Parameter nicht gesondert dokumentiert. In der überwiegenden Anzahl der durchgeführten Studien zum Vergleich der implantatprothetischen Versorgung mit Bone Level und Tissue Level Systemen konnten ebenfalls hinsichtlich der Plaqueablagerungen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Implantatsystemen aufgezeigt werden, sodass dieser Parameter als implantatsystemunabhängig und weitgehend von der individuellen Mundhygiene abhängiger Faktor bewertet werden kann (Toia et al., 2019; Lago et al., 2018; Siebert et al., 2018). Es wurde allerdings gezeigt, dass eine vermehrte Plaqueablagerung bei auf Knochenniveau inserierten Implantaten durch die vorliegende Schnittstelle im marginalen Knochenbereich eine bakterielle Besiedlung infolge eines kritischen Spaltraumes begünstigen kann und zwar mit erhöhtem periimplantären Knochenabbau assoziiert ist (Jervøe-Storm et al., 2015; Toia et al., 2019). Insgesamt sind die vorliegenden Ergebnisse hinsichtlich der Plaqueakkumulation bei beiden getesteten

Implantatsystemen im Einklang mit bisher publizierten Studien (Pranskunas et al., 2016) sodass von keiner erhöhten präferentiellen Plaquebildung bei einem der verwendeten Implantatsysteme auszugehen ist.

#### Blutung auf Sondierung

Bei Tissue Level Implantaten konnten in der Stichprobe etwas häufiger Blutungen auf Sondierung nachgewiesen werden als bei Bone Level Implantaten (Tissue Level vs. Bone Level: 50 % vs. 46.3 %). Diese Unterschiede waren allerdings nicht signifikant. Das Sondieren der prothetisch restaurierten Implantate ist zum Teil technisch anspruchsvoll, da die Implantatposition nicht immer senkrecht unter der Restauration befindlich ist und die Sondierung zum Teil in unterschiedlicher Angulation zum Implantatkörper durchgeführt werden muss. Angestrebt wurde ein Sondierungsdruck von circa 20 Gramm analog der Empfehlungen von Etter et al. (2002). Blutungen bei Sondierung sowie die Sondierungstiefe sind nach Jepsen et al. (1996, 2015), Isidor (1997) und Lang et al. (1997) ein wertvoller Parameter bei der Diagnose periimplantärer Erkrankungen. Bei beiden Systemen sind die Anteile von Implantaten mit Blutungen auf Sondierung vergleichbar mit den nachgewiesenen Anteilen in anderen Studien (Ghanaati et al., 2017; Brägger et al., 1996). Bei den Bone Level Implantaten könnte es wegen der fehlenden Formschlüssigkeit Untersucherabhängig durch erhöhten Druck bei der Sondierung häufiger zu Blutungen kommen. Allerdings zeigen weder die bisher durchgeführten Studien noch die vorliegenden Ergebnisse diesbezüglich eine Tendenz. Bei dem gegenwärtigen Stand der Forschung kann hinsichtlich des Parameters „Blutungen nach Sondierung“ von einer Gleichwertigkeit der Implantatsysteme ausgegangen werden. Allerdings könnte auch der Faktor der Positionierung eine entscheidende Rolle spielen. Die Tissue Level Implantate wurden vorwiegend im Seitenzahnbereich inseriert, während die Bone Level Implantate meist in der ästhetisch sichtbaren Region, also im Frontzahnbereich, verwendet wurden. Der leicht erhöhte Blutungsindex an den Tissue Level Implantaten könnte auf eine erschwerte Mundhygienedurchführung nach Insertion und durch die Positionierung der Implantate im Seitenzahnbereich zurückzuführen sein. In der Literatur ist auch die Möglichkeit einer Verletzungsfolge nach Erhebung der Sondierungstiefen beschrieben (Lekholm et al., 1986). Eine Blutung am Implantat ist aufgrund der anatomischen Verhältnisse leichter zu provozieren als an einem Zahn (Berglundh et al., 1991). Insgesamt stellte sich jedoch in der Studie heraus, dass trotz der empirischen Häufigkeitsunterschiede für

den Parameter Blutung auf Sondierung am Implantat zwischen den beiden Implantattypen kein signifikanter Unterschied nachweisbar war. Das regelmässige Sondieren von Implantaten spielt eine essentielle Rolle in der Diagnostik der Peri-implantitis und sollte standardisiert bei jeder Kontrolluntersuchung erfolgen, denn erhöhte Sondierungstiefen sind die ersten Anzeichen für den Beginn einer periimplantären Erkrankung (Costa et al., 2012; Jepsen et al., 1996; Jepsen et al. 2015; Berglundh et al., 2019).

#### Sondierungstiefe am Implantat

Bone Level Implantaten hatten mit 16,4 % signifikant häufiger Sondierungstiefen über 5 mm gegenüber den Tissue Level Implantaten (5,7 %).

Analog zu Zähnen kann auch bei Implantaten eine Assoziation zwischen erhöhten Sondierungstiefen und stärkeren Entzündungssymptomen beobachtet werden (Heitz-Mayfield et al., 2018). An gesunden Implantaten wurden mehrheitlich Sondierungstiefen von circa 3 – 4 mm gefunden (Frisch et al., 2020; Jepsen et al., 2016). Auch in dem vorliegenden Patientenkollektiv überwogen Sondierungstiefen unter 5 mm bei den Bone Level Implantate und bei den Tissue Level Implantate. Bei den höheren Sondierungswerten lag ein signifikanter Unterschied zugunsten der Tissue Level Implantaten vor. Der Unterschied der Sondierungswerte könnte in einem Durchmesserersatz der prothetischen Suprakonstruktion zum Implantat-Abutment-Interface begründet sein, da hieraus anderer Messwinkel resultiert. Sondierungstiefen von 7 mm gemessen an 2 Bone Level Implantaten war der höchste Sondierungswert.

#### Weichgewebsdicke

Die chirurgische Positionierung der Implantate erfolgte so präzise, dass selbst bei unterschiedlichem Implantatdesign eine fast identische Schleimhautdicke periimplantär anzutreffen war. Für die mittlere Weichgewebsdicke konnten weder mesial (Tissue Level vs. Bone Level: 3,75 mm vs. 3,71 mm;  $p= 0,808$ ) noch distal (Tissue Level vs. Bone Level: 3,94 mm vs. 3,86 mm,  $p= 0,649$ ) signifikante Unterschiede zwischen den Implantatsystemen festgestellt werden.

Linkevicius et al. (2018) zeigten in einer Studie einen Einfluss der Weichgewebsdicke auf die Stabilität des crestalen Knochens. Bei einer Weichgewebsdicke unter 2 mm betrug der Knochenverlust ca. 1,25 mm, während der Knochenverlust bei einer Weichge-

websdicke über 3 mm mit 0,43 mm signifikant geringer war. In der hier vorliegenden Untersuchung lagen für beide Implantattypen ausreichende Weichgewebisdicken vor, um diese als Ursache für einen stärkeren Knochenabbau als Ursache unwahrscheinlich sein zu lassen. Das 95 %-Konfidenzintervall der mittleren mesialen Weichgewebisdicke für Bone Level Implantate betrug: (3,471; 4,008). Ferner konnten keine signifikanten Mittelwertunterschiede der Weichgewebisdicken zwischen den Gruppen aufgezeigt werden, sodass dieser Parameter als Prädiktor für Mittelwertunterschiede im Knochenabbau zwischen den Implantattypen keine Bedeutung hatte.

### Knochenabbau

Bemerkenswert ist, dass 26,1 % der Bone Level Implantate (n = 17) und 32,5 % der Tissue Level Implantate (n = 34) zum Untersuchungszeitpunkt nach durchschnittlich 6,5 Jahren ein positives Knochenniveau in Bezug auf die knöcherne Referenzebene (Bone Level: Implantat-Schulter bzw. Implantat-Abutment-Schnittstelle; Tissue Level: Grenze zwischen rauer SLA<sup>®</sup>-Oberfläche und maschinierter Implantatschulter) aufwiesen. Keinen Einfluss auf das periimplantäre Knochenniveau hatten Implantatlänge, der Implantatdurchmesser, die Lokalisation des Implantates im Kiefer und der Zeitpunkt der prothetischen Versorgung unter Berücksichtigung, dass alle Implantate nach konventionellem Belastungsprotokoll versorgt wurden (Cochran et al., 2004).

In der untersuchten Stichprobe konnte für Bone Level Implantate insbesondere im distalen Bereich mit 0,41 mm (95 % CI (-0,679; -0,348)) ein im Mittel stärkerer Knochenabbau festgestellt werden. Trotz dieser empirischen Unterschiede lieferte die Induktivstatistik keine signifikanten Ergebnisse (mesial: Tissue Level vs. Bone Level: -0,02 vs. -0,24, p= 0,136; distal: Tissue Level vs. Bone Level: - -0,16 mm vs. -0,41 mm, p= 0,066).

Ein jährlicher Knochenhöhenverlust in Bezug zur Implantatschulter wird von mehreren Autoren angegeben (Albrektson et al., 1986; Buser et al., 2009; Schropp und Isidor, 2008, Koldslund et al., 2010). Deklariert wird dieser Verlust als ein eher physiologisches, anstelle eines pathologischen Phänomens (Koldslund et al., 2010). Allerdings kann der physiologisch anzusehende Knochenabbau implantatspezifisch unterschiedlich sein. In einer Metaanalyse von Laurell und Lundgren (2011) unter Berücksichtigung von 40 prospektiven Studien mit 5-Jahres-Daten wurden drei Implantatsysteme, die die Einschlusskriterien erfüllten, hinsichtlich des Knochenabbaus verglichen, und zwar das Ast-

ra Tech Zahnimplantatsystem<sup>®</sup> (Astra Tech AB, Mölndal, Schweden), das Brånemark System (Nobel Biocare AB, Göteborg, Schweden) und das Straumann<sup>®</sup> Zahnimplantatsystem Tissue Level (Institut Straumann<sup>®</sup> AG, Basel, Schweiz). Der mittlere Knochenabbau war für das Astra Tech Dental Implant System mit 0,24 mm (95 % CI (-0,345, -0,135)) signifikant geringer ( $p < 0,01$ ) als für das Brånemark-System mit 0,75 mm (95 % CI (-0,802; -0,693)) und für das Straumann<sup>®</sup> Zahnimplantatsystem Tissue Level mit 0,48 mm (95 % CI (-0,598; -0,360)).

Gleichwohl erschwert die unterschiedliche Festlegung der Ausgangssituation die Vergleichbarkeit von Studienergebnissen. Wird der Knochenhöhenverlust zum Zeitpunkt der prothetischen Belastung als Ausgangssituation berücksichtigt, so bleibt der Knochenabbau in der Implantateinheilzeit unberücksichtigt, obwohl in diesem Zeitraum implantatspezifisch durch Implantatfreilegung oder Remodelling mit den größten Verlusten von 1 – 2 mm auszugehen ist (Franke et al., 2011; Jung et al., 2012). Es ist zu berücksichtigen, dass neben der Art des Implantatsystems auch patientenspezifische Faktoren, wie die Weichgewebstiefe, sowie chirurgisch-prothetische Aspekte den Gesamtknochenverlust beeinflussen.

Die untersuchte Stichprobe gibt im Gegensatz zu den Ergebnissen von Laurel und Lundgren (2011) keinen Anlass von einem signifikanten implantatsystemabhängigen Unterschied hinsichtlich des Knochenabbaus auszugehen. Bauartbedingt könnte das Bone Level Implantat benachteiligt sein, da sich das Implantat-Prothetik-Interface auf Knochenniveau befindet, denn der entstehende Mikrospace zwischen Implantat und Abutment beziehungsweise Krone kann auch für den Knochenabbau von Bedeutung sein (Broggini et al., 2003; King et al. 2002; Ericsson, 1997). Das bedeutet, dass die Abbaurate umso kleiner ist, je größer der Abstand zwischen Mikrospace und Alveolarknochen ist. Broggini et al. (2003) machten in diesem Zusammenhang darauf aufmerksam, dass zweiteilige Implantatsysteme im Vergleich zu einteiligen Systemen 0,5 mm koronal des Mikrospace in erhöhtem Maße Entzündungszellen im periimplantären Weichgewebe aufwiesen. Auch zeigen die zweiteiligen Systeme im Vergleich zu den einteiligen einen signifikant höheren Knochenabbau um das Implantat (Broggini et al., 2003). Canullo et al. (2010) und Enkling et al. (2011) zeigten kontroverse Ergebnisse bei der Analyse des Einflusses von Platform Switching auf den periimplantären Knochenhalt.

## Zahnersatz

Die Anteile der verschiedenen prothetischen Suprakonstruktionen unterschieden sich in der untersuchten Stichprobe signifikant und relevant in Abhängigkeit vom gewählten Implantatsystem. Bei 50,7 % der Tissue Level Implantate wurden Kronen als prothetische Suprakonstruktion verwendet, während Brücken mit einem Anteil von 59,7 % der bevorzugte Zahnersatz auf Bone Level Implantaten war. Ein herausnehmbarer Zahnersatz kam bei beiden Systemen seltener zur Anwendung und zwar in 19,4 % der Fälle bei Bone Level Implantaten und nur bei 2,8 % der Tissue Level Implantate. Das Patientenkollektiv bestand mehrheitlich aus älteren Patient\*innen, 46 waren über 60 Jahre alt und nur 18 unter 60 Jahre. Außerdem waren die meisten Patient\*innen parodontal stark vorerkrankt. 164 Implantate (69 Bone Level und 95 Tissue Level) wurden bei Patient\*innen mit behandelter Parodontitis im Stadium III und IV inseriert. Anhand von Zahnprognoseuntersuchungen konnten Pretzl et al. (2008) belegen, dass abnehmbarer Zahnersatz die Überlebenswahrscheinlichkeit von Pfeilerzähnen um 50 % herabgesetzt hatte. Daher war es das Bestreben von Dr. Hagner, gerade den schwerer parodontal erkrankten Patient\*innen mit daraus resultierenden Zahnverlusten festsitzenden Zahnersatz auf Implantaten zu ermöglichen.

Die Untersuchungen von Toia et al. (2019), Siebert et al. (2018) und Wallner et al. (2018) konnten mit beiden Implantatsystemen gute Ergebnisse bei allen prothetischen Suprakonstruktionen ermitteln. Einige Studien zeigten, dass bei einem erforderlichen Weichgewebsmanagement die Insertion von Implantaten mit einem Implantat-Abutment-Interface auf Knochenniveau vorteilhaft ist (Siebert et al., 2018). Bei den vorliegenden Stichprobenergebnissen wurden Brücken als prothetische Suprakonstruktion bei Bone Level Implantaten bevorzugt. Das meist geschlossene Einheiten der Bone Level Implantate ermöglichte bei größerer Lückensituation eine einfachere temporäre Versorgung mit einem Interims-Zahnersatz. Auch der herausnehmbare Zahnersatz wurde aus dem oben genannten Grund mehrheitlich von Bone Level Implantaten unterstützt.

Einige Studien dagegen weisen auf den Einsatz von Implantaten mit Schnittstelle auf Weichgewebsniveau bei Versorgung mit herausnehmbarem Zahnersatz hin (Siebert et al., 2018). Der herausnehmbare Zahnersatz kam wie oben begründet in dem untersuchten Patientenkollektiv seltener zum Einsatz. Trotzdem zeigt die vorliegende Stichprobe einen signifikant höheren Anteil von Bone Level Implantaten mit herausnehmbaren

Zahnersatz als die Tissue Level Implantate. Dies ist begründet durch die meist höhere Implantatanzahl bei den hier vorliegenden zwei Teleskop- und zwei Stegprothesen.

### 4.3 Diskussion der periimplantären Erkrankungen

#### 4.3.1 Mukositis

Nach der Konsensuskonferenz des World Workshops on the Classification of Periodontal and Peri-implant Diseases and Conditions 2017, wird die periimplantäre Mukositis definiert als inflammatorische entzündliche Läsion der Implantatumgebenden Mukosa ohne periimplantären Knochenverlust, wobei klinische Begleiterscheinungen von Rötung, Schwellung und Suppuration auftreten dürfen, immer einhergehend mit Blutung auf Sondierung (Heitz-Mayfield und Salvi, 2018; Berglundh et al., 2018). Diese Definition ist kongruent mit der Befunddokumentation Mukositis während der gesamten therapeutischen Betreuung der Patient\*innen über den Nachuntersuchungszeitraum.

In dieser vorliegenden Untersuchung ist Mukositis an 29 % der Tissue Level Implantaten und an 19 % der Bone Level Implantate angetroffen worden.

In anderen Studien rangierte der Befund Mukositis zwischen 21,6 % (Mir-Mari et al., 2012) und 60 % (Tenenbaum et al., 2017), wobei Mir-Mari et al. nur einen einjährigen Untersuchungszeitraum abbilden. In einem systematische Review wird der Befund mit 43 % Mukositis aller analysierten Implantate angegeben (Jepsen et al., 2015; Derks und Tomasi, 2015). Renvert et al. (2018) gaben in einem systematischen Review eine Prävalenz von 54,7 % Mukositis in dem beschriebenen Implantatkollektiv an. Die Mukositis spielt insofern eine wichtige Rolle, da sich aus einer Mukositis eine Peri-implantitis entwickeln kann (Berglundh et al, 1991; Berglundh et at 1992; Heitz-Mayfield, 2008; Zitzmann und Berglundh, 2008; Mombelli et al., 2011; Jepsen et al., 2015; Heitz-Mayfield et al., 2018).

In einer Studie von Rinke et al. (2011) wurde nach einer Beobachtungszeit von mindestens 5 Jahren bei 71 Patient\*innen zu 49 % eine Mukositis und bei 11 % eine Peri-implantitis diagnostiziert. Nach weiteren 5 Jahren wurden erneute Nachuntersuchungen durchgeführt, wobei die Peri-implantitisrate um 6 % zunahm, wohingegen die Mukositis-

rate unverändert blieb. Eine regelmäßige Recallteilnahme der Patient\*innen hatte einen präventiven Effekt zur Vermeidung einer Peri-implantitis. Derks und Tomasi (2015) zeigten in einer Meta-analyse eine mittlere Prävalenz der Mukositis von 43 % (CI: 32 % - 54 %) und für Peri-implantitis von 22 % (CI: 14 % - 30 %). Ein wesentliches Kriterium bei der Entwicklung von einer periimplantären Mukositis zu einer Peri-implantitis waren unregelmäßig durchgeführte Recallintervalle. Ein Vergleich mit den Prävalenzraten der vorliegenden Studie ist aufgrund der hohen Variationsbreite an Studiendesigns, Falldefinitionen und unterschiedlichsten Beobachtungszeiten nicht uneingeschränkt möglich. Da der zeitliche Verlauf einen Einfluss auf die Inzidenz hat, wurde die vorliegende Studie auf einen Zeitraum von 5 Jahren in klinischer Funktion befindlicher Implantate angelegt. Kürzere Beobachtungszeiträume erscheinen als Vergleich nicht sinnvoll.

Costa et al. (2012) konnten einen schlechteren allgemeinmedizinischen Zustand der älteren Patient\*innen, eine unzureichende Mundhygiene und Compliance bei der Entwicklung von Mukositis zur Peri-implantitis feststellen. In ihrer retrospektiven Studie wurden insgesamt 212 Patienten aufgenommen. 80 Individuen wiesen eine periimplantäre Mukositis auf und wurden nach 5 Jahren erneut zur Nachuntersuchung einbestellt. Es stellte sich heraus, dass von den regelmäßigen Recallteilnehmern nur 18 % der Implantate eine Peri-implantitis entwickelten, wohingegen unbetreute Patienten an 43,9 % der Implantate eine Peri-implantitis entwickelten. Das heißt die Recallbetreuung konnte das Risiko der Peri-implantitis um das 2,5-fache reduzieren.

In der vorliegenden Studie ist die Prävalenzrate deutlich geringer. Dies gibt Hinweise darauf, dass die Patient\*innen eine gute Erhaltungstherapie erhielten, die Implantatpositionierung sowie die prothetische Suprakonstruktion eine gute Pflege ermöglichten und vielleicht auch das Implantatdesign einen positiven Beitrag in der Mukositisprävention geleistet hat. In der vorliegenden Studie konnten keine signifikanten Unterschiede in der Häufigkeit einer Mukositis zwischen den beiden Implantatsystemen gefunden werden.

#### 4.3.2 Peri-implantitis

Die Peri-implantitis wurde auf der Konsensuskonferenz des World Workshops on the Classification of Periodontal and Peri-implant Diseases and Conditions 2017 als pathologischer Zustand der Implantat-umgebenden Gewebsstrukturen definiert, charakteris-

tisch sind Entzündungen mit fortschreitendem Knochenabbau, das Weichgewebe zeigt Bluten auf Sondieren und der Knochenabbau muss röntgenologisch belegt werden können (Berglundh et al., 2018).

In der vorliegenden Studie konnte bei keinem Tissue Level Implantat und nur bei einem Bone Level Implantat eine Peri-implantitis nachgewiesen werden. Ein signifikanter Unterschied zwischen Bone Level und Tissue Level Implantaten bestanden hinsichtlich der Peri-implantitis somit nicht.

An Peri-implantitis erkrankte eine Patientin. Auf alle Implantate betrachtet lag somit eine Prävalenz von 1 % vor. Von Derks et al. (2016) erfolgte eine Analyse bei 588 schwedischen Patienten nach 9 Jahren funktioneller Implantatbelastung. Die Prävalenz der Peri-implantitis lag bei 45 %, wobei zwischen einer moderaten und einer schweren Peri-implantitis differenziert wurde. Die schwere Peri-implantitis begann bei einem Knochenabbau > 2 mm und betraf 14,5 % der Patienten. Derks et al. (2016) stellten weiter fest, dass es signifikante Unterschiede bei dem Entstehungsrisiko der Peri-implantitis gab, je nachdem ob die Patienten von einem Generalisten oder einem Spezialisten behandelt wurden. Ferner stellte der Abstand der Prothetik-Schnittstelle zum Knochen eine signifikante Risikogröße dar, sobald dieser 1,5 mm Abstand unterschritt.

In einem Review von Zitzmann und Berglundh (2008) wurde die Prävalenz der Peri-implantitis 12 % in 43 % der Patienten angegeben. In einer Metaanalyse von Derks und Tomasi (2015) betrug die Prävalenz der Peri-implantitis 22 % bei den untersuchten Implantaten. Hierbei wurden 15 Studien systematisch ausgewertet. In einem weiteren systematischen Review von Lee et al. (2017) lag die Prävalenz der Peri-implantitis bei 9,25 % der Implantate und bei 19,8 % der untersuchten Patient\*innen.

Beeindruckend ist die Nachuntersuchung von Renvert und Polyzois (2018), die 86 Patienten mit Implantaten des Brånemark Systems<sup>®</sup> versorgten und 20 Jahre nach prothetischer Belastung nachuntersuchten.

Die Drop-out-Rate war in dieser Studie mit 60 % angegeben. An der Studie nahmen sowohl Raucher als auch Nichtraucher teil. Als diagnostisches Kriterium einer periimplantären Mukositis wurde die Blutung auf Sondierung mit oder ohne Suppuration und ohne

Knochenverlust vermerkt. Als Peri-implantitis wurde der Abbau des Knochenlevels von  $\geq$  drei Windungen, ein positiver BOP-Index mit oder ohne Suppuration und erhöhter Sondierungstiefe diagnostiziert. Die Prävalenzrate der Mukositis betrug 54,7 %. Die Prävalenzrate der Peri-implantitis betrug 22,1 % (Renvert und Polyzois, 2018). In einer privaten Praxis wurde von Mir-Mari et al. (2012) eine Studie durchgeführt, die 245 Teilnehmer innerhalb eines Prophylaxe-Programmes mit 964 Implantaten analysiert hat. Peri-implantitis Erkrankungen wurden mit einer Häufigkeit von 9,1 % (CI: 7,5 % - 11,1 %) angegeben und Mukositis trat an 21,6 % (CI: 19,1 % - 24,5 %) der untersuchten Implantate auf. Der Nachuntersuchungszeitraum von nur einem Jahr könnte verantwortlich für die geringe Mukositisprävalenz sein.

Interessant im Hinblick auf die vorliegende Arbeit sind die Untersuchungen von Tenenbaum et al. (2017). Insgesamt wurden 108 Implantate der Firma Straumann® (Straumann® Dental Implant System, Straumann®, Basel, Switzerland) befundet. Von 52 Patient\*innen waren 86,5 % Nichtraucher. Der Nachuntersuchungszeitpunkt fand mindestens acht Jahre nach prothetischer Funktion statt. Als periimplantäre Mukositis wurde ein positiver Blutungsbefund an mindestens einer Stelle des Implantats ohne Anzeichen eines Knochenverlustes definiert. Als Kriterium der Peri-implantitis war ein positiver BOP-Index, eine Sondierungstiefe  $\geq$  5 mm und ein radiologisch nachweisbarer Knochenverlust von  $>$  4,5 mm erforderlich. Obwohl die Drop-out-Rate mit 53 % relativ hoch lag, ergab sich bei der periimplantären Mukositis eine Prävalenz von 73,1 % auf Patientenebene und bei 60,2 % der Implantate. Die Prävalenzraten hinsichtlich der Peri-implantitis lagen hier bei 15,4 % der Patienten bzw. 12 % der Implantate.

Obwohl in dem vorliegenden Untersuchungskollektiv die Mukositis häufiger bei den Tissue Level Implantaten 29,2 % (n= 31) als bei den Bone Level Implantaten mit 18,8 % (n= 13) konstatiert wurde, trat die Peri-implantitis nur in 1,4 % (n= 1) der Bone Level Kohorte auf.

Der Prozess der Pathogenese von der Mukositis zur Peri-implantitis bedarf weiterer wissenschaftlicher Untersuchungen, so auch die Einschätzung von Schwarz et al. (2018).

## 4.4 Diskussion über Implantatkomplikationen

### 4.4.1 Biologische Komplikationen

Biologische Komplikationen stellen Ereignisse am Implantat dar, die zurückzuführen sind auf pathobiologische Gewebsreaktionen des Implantatträgers. Die früheste Komplikation ist das Nichteinheilen eines Implantates zum Beispiel durch mechanische oder thermische Überlastung des Knochens und anschließender Abstoßungsreaktion. Diese gilt als chirurgische Komplikation und wird hier nicht als biologische Komplikation erfasst. Bei erfolgreich osseointegrierten Implantaten sind die auf bakterielle Infektionen zurückzuführende biologische Komplikation die Mukositis und die Peri-implantitis (Lang et al., 2000). Unklar ist noch die mechanische Überlastung der Implantate mit möglicher begleitender Umwandlung von Knochen in Bindegewebe, die zur Beweglichkeit des Implantates führen kann (Salvi und Brägger, 2009).

In einer prospektiven Studie über einen Zeitraum von 20 Jahren von Brägger et al. (2005) haben bei 69 Implantaten versorgt mit Einzelzahnkronen, 5 Implantatverluste durch biologische Komplikationen stattgefunden.

In der vorliegenden Arbeit wurde ein Bone Level Implantat aufgrund einer Peri-implantitis chirurgisch augmentativ behandelt, zwei zuvor osseointegrierte Bone Level Implantate mussten aufgrund von fortgeschrittenem Knochenabbau und Entzündungszeichen während des Untersuchungszeitraum explantiert werden. Eines davon war das zuvor auf Peri-implantitis therapierte Implantat, ein Bone Level Implantat, Durchmesser 4,1 mm, Länge 8 mm, das in regio 028 eine Implantatgetragene Brücke 1,7 Jahre in Funktion hielt.

In der hier untersuchten Stichprobe konnte kein signifikant erhöhter mesialer und distaler Knochenabbau beim Vorliegen von biologischen Komplikationen nachgewiesen werden, obwohl die Stichprobenmittelwerte beim Nachweis biologischer Komplikationen mesial um 0,45 mm ( $p = 0,089$ ) und distal um 0,23 mm ( $p = 0,085$ ) größer waren.

#### 4.4.2 Technische Komplikationen

Technische Komplikationen werden in der Literatur wie folgt differenziert: Fraktur des Implantatkörpers, Fraktur oder Lockerung der Abutmentschraube, Schäden der einzelnen Implantatkomponenten sowie der Suprakonstruktionen (Berglundh et al., 2002). Das häufigste Ereignis ist die Fraktur der keramischen Restaurationsoberfläche, in der Literatur als „Chipping“ benannt (Rammelsberg et al., 2020). Hinsichtlich der Frakturgefahr eines Implantats stellten Berglundh et al. (2002) in ihrem Review eine sehr geringe Komplikationsrate von 0,08 % - 0,74 % dar. Die Summe aller technischen Komplikationen eines herausnehmbaren Zahnersatzes betrug 54 % Komplikationen der Suprakonstruktion, die Inzidenz bei feststehendem Zahnersatz dagegen nur 24 %, bei Einzelzahnrestaurationen nur 17 % (Berglundh et al., 2002).

Nach einer Beobachtungsdauer von 5 Jahren stellten Pjetursson et al. (2012) bei 11,9 % der implantatgetragenen, verblendeten Brücken und bei 3,5 % der implantatgetragenen verblendeten Kronen ein Chipping fest. Der Retentionsverlust betrug bei Brücken 5,7 % und bei Kronen 5,5 % nach 5 Jahren. Lockerungen der Abutmentschrauben wurden nur in einer Studie mit 8,9 % angegeben. Frakturen von Implantaten oder Suprakonstruktionen konnten nicht differenziert herausgearbeitet werden, wurden aber bei Brücken mit 0,5 % und bei Einzelkronen mit 0,14 % angegeben. Implantat-Zahn-getragene Rekonstruktionen lagen bei Chipping und Frakturen zwischen den Brücken und Einzelkronen, bei Retentionsverlust jedoch 7,5 % und damit oberhalb der anderen Restaurationsarten. Dabei wurde darauf hingewiesen, dass das Komplikationsrisiko bei implantatgetragem Zahnersatz deutlich höher liegt verglichen mit Versorgungen natürlicher Zähne (Pjetursson et al., 2012). Wittneben et al. (2017) verglichen in einem Review verschiedene Retentionsarten des Zahnersatzes auf Implantaten, wobei es bei der Überlebensrate keinen Unterschied zwischen zementiertem und verschraubtem Zahnersatz gab.

In einer von Sailer et al. (2012) durchgeführten Metaanalyse wurde festgestellt, dass die technische Komplikationsrate bei zementierten Einzelkronen 11,9 % und bei verschraubten Einzelkronen 24,4 % betrug. Verschraubte Brücken hatten in 22,1 % technische Komplikationen, bei Zementierten lagen diese bei 24,5 %.

In der vorliegenden Arbeit lagen technische Komplikationen nur bei 3 Bone Level Implantaten und einem Tissue Level Implantat vor, wobei auf Populationsebene keine sig-

nifikanten Unterschiede zwischen den Implantatsystemen nachweisbar waren ( $p=0,302$ ). Im Speziellen konnte eine Zahnersatzfraktur, eine Implantatfraktur und zwei Abplatzungen (Chipping) beobachtet werden. Das frakturierte Implantat führte zu Pfeilerverlust, da es explantiert werden musste. Im Hinblick auf den Schweregrad der Komplikation führt eine Implantatfraktur fast immer auch zum Verlust der Restauration. In dem hier vorliegenden Fall handelte es sich um ein Bone Level Implantat Durchmesser 3,3, Länge 10 mm, das eine implantatgetragene Brücke stützte. Die Funktionsdauer der Restauration betrug 6,5 Jahre.

#### 4.5 Diskussion des Recalleinflusses

Bei unzuverlässigem Recallverhalten konnte in der Stichprobe ein um 0,12 mm größerer mesialer und ein um 0,18 mm größerer distaler Knochenabbau ermittelt werden, wobei diese Unterschiede für den distalen Knochenabbau auch signifikant waren ( $p = 0,0495$ ).

In einer Querschnittstudie von Rogn et al. (2017) wurden 478 Implantate bei Patient\*innen mit unregelmäßigem Recall hinsichtlich des Auftretens von Mukositis und Peri-implantitis analysiert, wobei bei ca. 8,8 % der Implantate ein erhöhter Knochenabbau von mehr als 2 mm nachgewiesen werden konnte. Costa et al. (2012) stellten in ihrer Studie fest, dass von den regelmäßigen Recallteilnehmer\*innen nur 18 % der Implantate eine Peri-implantitis entwickelten und wohingegen unbetreute Patienten an 43,9 % der Implantate eine Peri-implantitis entwickelten. Das heißt die Recallbetreuung konnte das Risiko der Peri-implantitis um das 2,5-fache reduzieren. In der prospektiven 20-Jahres-Studie von Rocuzzo et al. (2022) konnte erneut die Notwendigkeit eines engmaschigen Recallprogramm bei parodontal vorgeschädigten Implantat-Patient\*innen bestätigt werden.

#### 4.6 Diskussion des Implantaterfolgs

Der Konsensusbericht der ersten European World Conference of Periodontology legte fest, dass es bei einem erfolgreichen Implantat im ersten Jahr zu einem Knochenverlust von maximal 1,5 mm und in jedem weiteren Jahr zu einem Verlust von weniger als 0,2mm jährlich kommen kann (Albrektsson und Isidor 1994). Des Weiteren galt ein Implantat als erfolgreich, wenn es klinisch keine Mobilität und keine Symptome wie

Schmerzen, Infektionen, Neuropathien, Parästhesien oder Verletzungen des Mandibularkanals aufwies. Später modifizierten Albrektsson et al. (1994) dieses Kriterium, in dem sie das Wort „durchschnittlich“ hinzufügten. Eine Erfolgsquote von 85 % nach 5 Jahren und 80 % nach zehn Jahren stellt ein Mindestkriterium für den Erfolg eines Implantatsystems dar (Albrektsson et al., 1986).

In der vorliegenden Studie wurde ein Implantat als Erfolg definiert, wenn weder Schmerzsymptomatik in der Implantatregion, noch Mobilität des Implantats, noch radiologisch sichtbarer Knochenverlust  $> 2$  mm seit Implantatinserterion vorlag und keine Exsudation aus den periimplantären Geweben notiert wurde (Misch et al., 2008). Die Misserfolge der 5 Bone Level Implantate sind zu differenzieren in zwei Spätverluste, Peri-implantitis befallene Implantate und Implantate mit Knochenabbau  $> 2$  mm. Die Erfolgsrate der Bone Level Implantate lag bei 92,41 % und die Erfolgsrate der Tissue Level Implantate lag bei 100 %.

Eine vergleichbare Studie wurde von Ina Menn (2018) durchgeführt. An ihrer retrospektiven Untersuchung nahmen 109 Personen zwischen 32 und 76 Jahren teil, die 288 Straumann Tissue Level Implantate erhielten, deren prothetischer Funktionszeitraum 2,6 bis 17,4 Jahre bzw. 8,8 Jahren im Mittelwert der Beobachtung betrug. Nach klinischer Untersuchung wurden die Erfolgskriterien von Misch et al. (2008) herangezogen, womit 91,3 % erfolgreiche Implantate über den gesamten Studienzeitraum als „erfolgreich“ definiert werden konnten. In einer weiteren Dissertation von Philipp Menn (2008) wurden in einer erweiterten Gruppe 154 Individuen mit 362 Straumann Tissue Level Implantate radiologisch nachuntersucht und das Knochenniveau vermessen. Der durchschnittliche periimplantäre Knochenabbau betrug 0,42 mm wobei nur 6,4 % der Implantate einen Knochenbau  $> 2$  mm aufwiesen. Neben dem gleichen Implantatsystem lag bei Menn (2008) auch ein vergleichbares Praxiskonzept wie in der vorliegenden Untersuchung vor. Alle Implantate wurden von einem Parodontologen inseriert, in einer Hand versorgt und im Rahmen eines parodontalen Recallsystems systematisch nachbehandelt. Frau Menn (2018) und Herr Menn (2018) stellten überdurchschnittlich gute Erfolge für die untersuchten Implantate dar.

Karoussis et al. (2004) erzielten anhand der definierten Parameter Sondierungstiefe  $\leq 5$  mm, BOP negativ und ein jährlicher Knochenverlust von  $\leq 0,2$  mm einen Implantaterfolg

nach 10 Jahren von 61 % - 74 % für verschiedene ITI-Implantate. Die gleiche Gruppe gab für den Vergleich zwischen parodontal gesunden und parodontal erkrankten Individuen Implantaterfolgsraten von 71,9 % bzw. 52,4 % an (Karoussis et al. 2004).

#### 4.7 Schlussfolgerung

Die Vorgeschichte einer behandelten Parodontitis gilt als Risikofaktor für den Erfolg von Implantaten, die zum Ersatz verlorener Zähne eingesetzt werden. Die vorliegenden Ergebnisse aus einer parodontologischen Spezialistenpraxis zeigen, dass die Implantattherapie auch in diesen Fällen durchaus erfolgreich verlaufen kann. Ein deutlicher Unterschied zwischen den in der Praxis verwendeten Straumann Bone Level und Tissue Level Implantaten konnte über den untersuchten Funktionszeitraum nicht herausgestellt werden. Mit biologischen und technischen Komplikationen muss im Untersuchungszeitraum gerechnet werden. Für die Patient\*innen bedeutet eine Komplikation eine zusätzliche nicht geplante Behandlung, einen möglichen Implantatverlust und somit eine zusätzliche wirtschaftliche und psychische Belastung. Für die hier dargestellte Spezialistenpraxis konnte in der untersuchten Patientenkohorte allerdings gezeigt werden, dass Komplikationen biologischer und technischer Natur und auch periimplantäre Erkrankungen verglichen mit Daten aus publizierter Literatur seltener auftraten. Entscheidend für diese guten Ergebnisse könnte ein stringentes Recallprogramm in der Praxis sein, das von den meisten Patient\*innen angenommen wurde.

## 5. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es bei Patient\*innen einer parodontologischen Fachpraxis für zwei Implantattypen (Bone Level und Tissue Level) nach einer Implantat-liegedauer von mindestens 5 Jahren deren Erfolgsrate und die Prävalenz von periimplantären Erkrankungen zu vergleichen, sowie mögliche Faktoren für einen Misserfolg zu ergründen. Auch sollte die Häufigkeit von biologischen und technischen Komplikationen ermittelt werden.

Insgesamt nahmen 64 Patient\*innen (30 weiblich /34 männlich) im Alter von 37 bis 85 Jahren an dieser retrospektiven Studie teil. Bei den Patient\*innen wurden nach einer systematischen Parodontaltherapie insgesamt 175 Implantate (106 Tissue Level und 69 Bone Level) von einem Spezialisten für Parodontologie inseriert und diese anschließend durch einen Spezialisten für Prothetik mit Zahnersatz versorgt. Allen Patient\*innen wurde ein parodontales Recallprogramm zur Nachsorge angeboten, das mehrheitlich angenommen wurde. In einer routinemäßigen klinischen und radiologischen Nachuntersuchung nach einer Funktionszeit von 5 bis 8 Jahren wurde der Implantaterfolg nach den Kriterien von Misch et al. (2008) sowie das mögliche Vorhandensein einer periimplantären Erkrankung ermittelt. Außerdem wurden biologische und technische Komplikationen im gesamten Untersuchungszeitraum erfasst.

Die Erfolgsrate der Tissue Level Implantate lag bei 100 % und die der Bone Level Implantate bei 92,4 %. Die Prävalenz der periimplantären Mukositis betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung für die Tissue Level Implantate 29 % und für die Bone Level Implantate 19 %. Die Prävalenz der Peri-implantitis lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung für die Tissue Level Implantate bei 0,0 % und für die Bone Level Implantate bei 1,4 %. Biologische/technische Komplikationen waren im gesamten Untersuchungszeitraum bei 12,3 % / 0,9 % der Tissue Level und bei 10,4 % /5,9 % der Bone Level Implantate aufgetreten. Der durchschnittliche Knochenabbau an den Bone Level Implantaten war mesial  $-0,24 \text{ mm} \pm 1,02 \text{ mm}$  und distal  $-0,41 \text{ mm} \pm 0,99 \text{ mm}$ , bei den Tissue Level Implantaten waren es mesial  $-0,02 \text{ mm} \pm 0,74 \text{ mm}$  und distal  $-0,16 \text{ mm} \pm 0,79 \text{ mm}$ .

Die Ergebnisse der vorliegenden retrospektiven Analyse zeigen, dass beide untersuchten Implantattypen unter den Bedingungen einer parodontologischen Fachpraxis über

einen langen Zeitraum erfolgreich erhalten werden können. Dennoch ist in der Funktionsphase mit biologischen und technischen Komplikationen zu rechnen. Die im Vergleich zu publizierten Studiendaten niedrige Prävalenz periimplantärer Erkrankungen scheint auf ein in der Praxis etabliertes funktionierendes Nachsorgeprogramm zurückzuführen zu sein.

## 6. Literaturverzeichnis

Abrahamsson I, Berglundh T, Wennstrom J, Lindhe J. The peri-implant hard and soft tissues at different implant systems. A comparative study in the dog. Clin Oral Implants Research 1996; 7: 212-319

Abrahamsson I, Berglundh T, Glantz PO, Lindhe J. The mucosal attachment at different abutments. An experimental study in dogs. J Clin Periodontol 1998; 25 (9): 721-727

Abrahamsson I, Berglundh T, Lindhe J. Soft tissue response to plaque formation at different implant systems. A comparative study in the dog. Clin Oral Implants Research 1998; 9: 73-109

Agar JR, Cameron SM, Hughbanks JC, Parker MH. Cement removal from restorations luted to titanium abutments with simulated subgingival margins. J Prosthet Dent 1997; 78 (1): 43-47

Aglietta M, Siciliano VI, Rasperini G, Cafiero C, Lang NP, Salvi GE. A 10-year retrospective analysis of marginal bone-level changes around implants in periodontally healthy and periodontally compromised tobacco smokers. Clin Oral Implants Research 2011 Jan; 22 (1): 47-52

Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants 1986; 1:11–25

Albrektsson T and Lekholm U. Osseointegration: Current State of the Art. Dent Clin North Am. 1989; 33: 537-555

Albrektsson T, Isidor F. Consensus report: implant therapy. In: Lang NP, Karring T (eds). Proceedings of the 1st European Workshop on Periodontology 1994; 365-369

Albrektsson T, Dahlin C, Jemt T, Sennerby L, Turri A, Wennerberg A. Is marginal bone loss around oral implants the result of a provoked foreign body reaction? *Clin Implant Dent Relat Research* 2014; 16(2): 155-165

Albrektsson T, Canullo L, Cochran D, De Bruyn H. "Peri-Implantitis": A Complication of a Foreign Body or a Man-Made "Disease". Facts and Fiction. *Clin Implant Dent Relat Research* 2016; 18(4): 840-849

Al-Nawas B. Der Einfluß funktioneller Oberflächencharakteristika auf die klinische Prognose enossaler Implantate. Mainz: Habilitationsschrift, 2004

Al-Nsour, Chan HL, Wang HL. Effect of the platform-switching technique on preservation of peri-implant marginal bone: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27 (1): 138-145

Anderson L, Meraw S, Al-Hezaimi K, Wang H-L. The influence of radiation therapy on dental implantology. *Implant dentistry* 2013; 22: 31–38

Andreiotelli M, Koutayas SO, Madianos PN, Strub JR. Relationship between interleukin-1 genotype and peri-implantitis: a literature review. *Quintessence Int* 2008 Apr; 39 (4): 289-298

Arisan V, Bölükbaşı N, Ersanli S, Ozdemir T. Evaluation of 316 narrow diameter implants followed for 5–10 years: a clinical and radiographic retrospective study. *Clin Oral Implants Research* 2010; 21 (3): 296–307

Armitage GC. Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Ann Periodontol* 1999; 4: 1-6

Armitage GC. Periodontal diseases: diagnosis. *Ann Periodontol* 1996; 1: 137-215

Arvidson K, Fartash B, Hilliges M, Kondell PA. Histological characteristics of peri-implant mucosa around Brånemark and single-crystal sapphire implants. *Clin Oral Implants Research* 1996; 7: 1-10

Atieh MA, Alsabeeha NH, Faggion CM Jr, Duncan WJ. The frequency of peri-implant diseases: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2013; 84 (11): 1586-1598

Atieh MA, Ibrahim HM, Atieh AH. Platform switching for marginal bone preservation around dental implants: a systematic review and meta-analysis. *J Periodontol* 2010; 81 (10): 1350-1366

Baffone GM, Botticelli D, Canullo L, Scala A, Beolchini M, Lang NP. Effect of mismatching abutments on implants with wider platforms – an experimental study in dogs. *Clin Oral Implants Research* 2012; 23: 334–339

Balik A, Karatas MO, Keskin H. Effects of different abutment connection designs on the stress distribution around five different implants: a 3-dimensional finite element analysis. *J Oral Implantol* 2012; 38: 491-496

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. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1997; 12: 749-757

Berglundh T, Lindhe J, Ericsson I, Marinello CP, Liljenberg B, Thomsen P. The soft tissue barrier at implants and teeth. *Clin Oral Implants Research* 1991; 2: 81-90

Berglundh T, Lindhe J, Marinello C, Ericsson I, Liljenberg B. Soft tissue reaction to de novo plaque formation on implants and teeth. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Research* 1992; 3: 1-8

Berglundh T, Lindhe J, Jonsson K, Ericsson I. The topography of the vascular systems in the periodontal and peri-implant tissues in the dog. *J Clin Periodontol* 1994; 21: 189-193

Berglundh T, Persson L, Klinge B. A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol* 2002; 29 (3): 197-212; discussion 232-233

Berglundh T, Jepsen S, Stadlinger B, Terheyden H. Peri-implantitis and its prevention. *Clin Oral Implants Research* 2019 Feb; 30 (2): 150-155

Bollen CM and Papaioanno W. "The influence of abutment surface roughness on plaque accumulation and peri-implant mucositis." *Clin Oral Implants Research* 1993; 7(3): 201-211

Bonde MJ, Stokholm R, Isidor F, Schou S. Outcome of implant-supported single-tooth replacements performed by dental students. A 10-year clinical and radiographic retrospective study. *European Journal of oral implantology* 2010; 3: 37– 46

Brägger U, Hämmerle CH, Lang NP. Immediate transmucosal implants using the principle of guided tissue regeneration (II). A cross-sectional study comparing the clinical outcome 1 year after immediate to standard implant placement. *Clin Oral Implants Research* 1996; 7 (3): 268-276

Brägger U, Karoussis I, Persson R, Pjetursson B, Salvi G, Lang N. Technical and biological complications/failures with single crowns and fixed partial dentures on implants: a 10-year prospective cohort study. *Clin Oral Implants Research* 2005; 16 (3): 326-334

Brånemark PI, Adell R, Breine U, Hansson BO, Lindstrom J, Ohlsson A. Intra-osseous anchorage of dental prostheses. Experimental studies. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1969; 3: 81-100

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

Brånemark PI, Zarb GA, Albrektsson TH. *Tissue-Integrated Prosthesis: Osseointegration in Clinical Dentistry*. Chicago: Quintessenz, 1985

Broggini M, Marchini SV, Galliera E, Borsotti P, Taraboletti G, Erba E, Sironi M, Jimeno J, Faircloth GT, Giavazzi R, D'Incalci M. Aplidine, a new anticancer agent of marine origin, inhibits vascular endothelial growth factor (VEGF) secretion and blocks VEGF-VEGFR-1 (flt-1) autocrine loop in human leukemia cells MOLT-4. *Leukemia* 2003 Jan; 17 (1); 52-69

Buser D. Einfluss von Oberflächeneigenschaften auf die Knochenreaktion. *J Biomed Mater Reseach* 1991; 25 (7): 889–902

Buser D, Weber HP, Donath K, Fiorellini JP, Paquette DW, Williams RC. Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. *J Periodontol* 1992; 63: 225-235

Buser D, Martin W, Belser UC. Optimizing esthetics for implant restorations in the anterior maxilla: anatomic and surgical considerations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19: 43-61

Buser D, Halbritter S, Hart C, Bornstein MM, Grütter L, Chappuis V, Belser UC. Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: 12-month results of a prospective study with 20 consecutive patients. *J Periodontol* 2009; 80 (1): 152-162

Canullo L, Peñarrocha-Oltra D, Covani U, Botticelli D, Serino G, Penarrocha M. Clinical and microbiological findings in patients with peri-implantitis. A cross-sectional study. *Clin Oral Implants Research* 2016; 27 (3): 376–382

Canullo L, Iannello G, Peñarocha M, Garcia B. Impact of implant diameter on bone level changes around platform switched implants: preliminary results of 18 months follow-up a prospective randomized match-paired controlled trial. *Clin Oral Implants Research* 2012; 23: 1142–1146

Canullo L, Pace F, Coelho P, Sciubba E. The influence of platform switching on the bio-mechanical aspects of the implant-abutment system. A three dimensional finite element study. *Medicina Oral, Patología Oral y Cirugía Bucal* 2011; 16 (6): 852-856

Canullo L, Fedele GR, Iannello G, Jepsen S. Platform switching and marginal bone-level alterations: the results of a randomized-controlled trial. *Clin Oral Implants Research* 2010; 21 (1): 115-121

Carra MC, Rangé H, Swerts PJ, Tuand K, Vandamme K, Bouchard P. Effectiveness of implant-supported fixed partial denture in patients with history of periodontitis: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2022; 49 (24): 208-223

Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS, Mealey BL, Papapanou PN, Sanz M, Tonetti MS. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions – Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol* 2018; 45 (20): 1-8

Chen ST and Buser D. "Clinical and esthetic outcomes of implants placed in postextraction sites." *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24: 186-217

Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Periodontally compromised vs. periodontally healthy patients and dental implants. A systematic review and meta-analysis. *J of Dentistry* 2014; 42: 1509–1527

Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A. Smoking and dental implants. A systematic review and meta-analysis. *J of Dentistry* 2015; 43: 487– 498

Chung DM, Oh TJ, Shotwell JL, Misch CE, Wang HL. Significance of keratinized mucosa in maintenance of dental implants with different surfaces. *J Periodontol* 2006; 77: 1410-1420

Chung P, McNamara PJ, Campion JJ, Evans ME. Mechanism-based pharmacodynamic models of fluoroquinolone resistance in *Staphylococcus aureus*. *Clin Oral Implants Research* 2011; 22 (1): 47-53

Cochran D, Simpson J, Weber H, Buser D. Attachment and growth of peridontal cells on smooth and rough titanium. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1994; 9: 289-291

Cochran D. Implant therapy I. *Ann Periodontol* 1996; 1: 707-791

Cochran DL, Schenk RK, Lussi A et al. Bone response to unloaded and loaded titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: A histometric study in the canine mandible. *J Biomed Mater Research* 1998; 40:1-11

Cochran DL, Morton D, Weber HP. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding loading protocols for endosseous dental implants. *J Clin Periodontol* 2004; 4 (1): 16-28

Coelho AL, Suzuki M, Dibart S, N DAS, Coelho PG. Cross-sectional analysis of the implant-abutment interface. *J Oral Rehabilitation* 2007; 34: 508-516

Cooper LF, Masuda T, Yliheikkila PK, Felton DA. Generalizations regarding the process and phenomenon of osseointegration. Part II. In vitro studies. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1998; 13 (2): 163-174

Cordaro L, Torsello F, Roccuzzo M. Clinical outcome of submerged vs. non-submerged implants placed in fresh extraction sockets. *Clin Oral Implants Research* 2009; 20: 1307-1313

Costa FO, Takenaka-Martinez S, Cota LOM, Ferreira SD, Silva GLM, Costa JE. Peri-implant disease in subjects with and without preventive maintenance: a 5-year follow-up. *J Clin Periodontol* 2012; 39 (2): 173–181

Davies JE. In vitro modeling of the bone/implant interface. *Anat Record* 1996; 245 (2): 426-445

Denry I and Kelly JR. State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008; 24 (3): 299-307

Dereka X, Mardas N, Chin S, Petrie A, Donos N. A systematic review on the association between genetic predisposition and dental implant biological complications. *Clin Oral Implants Research* 2012; 23: 775–788

Derks J, Schaller D, Håkansson J, Wennström JL, Tomasi C, Berglundh T. Effectiveness of Implant Therapy Analyzed in a Swedish Population: Prevalence of Peri-implantitis. *J Dent Research* 2016; 95 (1): 43-49

DGZMK. Implantologie in der Zahnheilkunde. *Deutsche Zahnärztliche Zeitung* 2005; 60: 915-916

D'haese J, Vervaeke S, Verbanck N, de Bruyn H. Clinical and radiographic outcome of implants placed using stereolithographic guided surgery: a prospective monocenter study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2013; 28: 205–215

Dibart S, Kantarci A, Skobe Z, Nguyen D. Implant-Abutment Connection: In Vitro Testing of the Microbiological Seal. Boston University, Boston, MA, The Forsyth Institute 2011

Doornewaard R, Christiaens V, Bruyn H, Jacobsson M, Cosyn J, Vervaeke S, Jacquet W. Long-Term Effect of Surface Roughness and Patients' Factors on Crestal Bone Loss

at Dental Implants. A Systematic Review and Meta-Analysis. *Clin Implant Dent Relat Research* 2016; 19 (2): 372–399

Dvorak G, Arnhart C, Heuberer S, Huber CD, Watzek G, Gruber R. Peri-Implantitis and Late Implant Failures in Postmenopausal Women: A Cross-Sectional Study. *J Clin Periodontol* 2011; 38 (10): 950-955

Enkling N, Jöhren P, Klimberg V, Bayer S, Mericske-Stern R, Jepsen S. Effect of platform switching on peri-implant bone levels: a randomized clinical trial. *Clin Oral Implants Research* 2011 Oct; 22 (10): 1185-1192

Ericsson I, Berglundh T, Marinello C, Liljenberg B, Lindhe J. Long-standing plaque and gingivitis at implants and teeth in the dog. *Clin Oral Implants Research* 1992; 3 (3): 99-103

Ericsson I, Randow K, Nilner K, Petersson A. Some clinical and radiographical features of submerged and non-submerged titanium implants. A 5-year follow-up study. *Clin Oral Implants Research* 1997; 8: 422-426

Etter TH, Håkanson I, Lang NP, Trejo PM, Caffesse RG. Healing after standardized clinical probing of the peri-implant soft tissue seal: a histomorphometric study in dogs. *Clin Oral Implants Research* 2002; 13 (6): 571-580

Feloutzis A, Lang NP, Tonetti MS, Bürgin W, Brägger U, Buser D, Duff GW, Kornman KS. IL-1 gene polymorphism and smoking as risk factors for peri-implant bone loss in a well-maintained population. *Clin Oral Implants Research* 2003; 14: 10-17

Ferguson SJ, Brogini N, Wieland M, de Wild M, Rupp F, Geis-Gerstorfer J, Cochran DL, Buser D. Biomechanical evaluation of the interfacial strength of a chemically modified sandblasted and acid-etched titanium surface. *J Biomedical Mater Research* 2006; 24: 1549-3296

Ferreira SD, Silva GL, Cortelli JR, Costa JE, Costa FO. Prevalence and risk variables for peri-implant disease in Brazilian subjects. *J Clin Periodontol* 2006; 33: 929-935

Franke MG. Analyse der Implantattherapie bei Patienten mit behandelter chronischer Parodontitis, Klinische und röntgenologische Nachuntersuchung aus einer parodontologischen Fachzahnarztpraxis. Inaugural-Dissertation Bonn 2011

Frisch E, Wild V, Ratka-Krüger P, Vach K, Sennhenn-Kirchner S. Long-term results of implants and implant-supported prostheses under systematic supportive implant therapy: A retrospective 25-year study. *Clin Implant Dent Related Research* 2020

Fritz ME. Implant therapy II. *Ann Periodontol* 1996; 1: 796-815

Gapski R, Neugeboren N, Pomeranz AZ, Reissner MW. Endosseous implant failure influenced by crown cementation: a clinical case report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2008; 23(5): 943-946

Germanier Y, Tosatti S, Brogгинi N, Textor M, Buser D. Enhanced bone apposition around biofunctionalized sandblasted and acid-etched titanium implant surfaces. *Clin Oral Implants Research* 2006; 17 (3): 251-257

Ghanaati S, Lerner H, Lorenz J, Sader RA. Retrospektive klinisch-radiologische Zwei-Jahres-Nachuntersuchung eines neuartigen Bone Level Implantatsystems. *Dent Implants* 2017; 21 (7): 440-449

Gould TR, Westbury L, Brunette DM. Ultrastructural study of the attachment of human gingiva to titanium in vivo. *J Prosthet Dent* 1984; 52: 418-420

Graetz C, Ostermann F, Woeste S, Sälzer S, Dörfer CE, Schwendicke F. Long-term survival and maintenance efforts of splinted teeth in periodontitis patients. *J Dent* 2019; 80: 49-54

Greenfield EJ. Implantation of artificial crown and bridge abutments 1913. *Compend Contin Educ Dent* 2008; 29 (4): 232-237

Guerra F, Wagner W, Wiltfang J, Rocha S, Moergel M, Behrens E, Nicolau P. Platform switch versus platform match in the posterior mandible - 1-year results of a multicentre randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 2014; 41 (5): 521-529

Heitz-Mayfield LJ and Salvi GE. Peri-implant mucositis. *J Periodontology* 2018; Jun; 89 (1): 257-266

Heitz-Mayfield LJ, Aaboe M, Araujo M, Carrión JB, Cavalcanti R, Cionca N, Cochran D, Darby I, Funakoshi E, Gierthmuehlen PC, Hashim D, Jahangiri L, Kwon Y, Lambert F, Layton DM, Lorenzana ER, McKenna G, Mombelli A, Müller F, Roccuzzo M, Salvi GE, Schimmel M, Srinivasan M, Tomasi C, Yeo A, Group 4 ITI Consensus Report: Risks and biologic complications associated with implant dentistry. *Clin Oral Implants Research* 2018; 29 (16): 351-358

Heitz-Mayfield LJ. Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol* 2008; 35: 292-304

Herekar M, Sethi M, Mulani S, Fernandes A, Kulkarni H. Influence of platform switching on periimplant bone loss: a systematic review and meta-analysis. *Implant Dent* 2014; 23: 439–450

Herrera D, Sanz M, Kebschull M, Jepsen S, Sculean A, BErglundh T, Papapanou PN, Chapple I, Tonetti MS. On behalf of the EFP Workshop Participants and Methodological Consultant. Treatment of stage IV periodontitis: The EFP S3 level clinical practice guideline 2022; 49 (24): 4-71

Heydenrijk K, Meijer HJ, van der Reijden WA, Raghoobar GM, Vissink A, Stegenga B. Microbiota around root-form endosseous implants: a review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002; 17 (6): 829-838

Isidor F. Clinical probing and radiographic assessment in relation to the bone level at oral implants in monkeys. *Clin Oral Implants Research* 1997; 8: 255-264

Jepsen K, Jepsen S, Laine ML, Anssari Moin D, Pilloni A, Zeza B, Sanz M, Ortiz-Vigon A, Roos-Jansåker AM, Renvert S. Reconstruction of Peri-implant Osseous Defects: A Multicenter Randomized Trial. *J Dent Research* 2016; 95 (1): 58-66

Jepsen K and Jepsen S. Antibiotics/antimicrobials: systemic and local administration in the therapy of mild to moderately advanced periodontitis. *Periodontol 2000* 2016; 71 (1): 82-112

Jepsen S, Berglundh T, Genco R, Aass AM, Demirel K, Derks J, Figuero E, Giovannoli JL, Goldstein M, Lambert F, Ortiz-Vigon A, Polyzois I, Salvi GE, Schwarz F, Serino G, Tomasi C, Zitzmann NU. Primary prevention of peri-implantitis: managing peri-implant mucositis. *J Clin Periodontol* 2015; 42 (16): 152-157

Jepsen S, Rühling A, Jepsen K, Ohlenbusch B, Albers HK. Progressive peri-implantitis. Incidence and prediction of peri-implant attachment loss. *Clin Oral Implants Research* 1996; 7 (2): 133-142

Jo DW, Yi YJ, Kwon MJ, Kim YK. Correlation Between Interimplant Distance and Crestal Bone Loss in Internal Connection Implants with Platform Switching. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; 29 (2): 296-302

Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Research* 2012; 23 (6): 2-21

Kanao M, Nakamoto T, Kajiwara N, Kondo Y, Masaki C, Hosokawa R. Comparison of plaque accumulation and soft-tissue blood flow with the use of full-arch implant-

supported fixed prostheses with mucosal surfaces of different materials: a randomized clinical study. *Clin Oral Implants Research* 2013; 24 (10): 1137-1143

Karoussis IK, Brägger U, Salvi GE, Bürgin W, Lang NP. Effect of implant design on survival and success rates of titanium oral implants: a 10-year prospective cohort study of the ITI Dental Implant System. *Clin Oral Implants Research* 2004; 15 (1): 8-17

Karoussis IK, Müller S, Salvi GE, Heitz-Mayfield LJ, Brägger U, Lang NP. Association between periodontal and peri-implant conditions: a 10-year prospective study. *Clin Oral Implants Research* 2004; 15 (1): 1-7

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer. Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS III). 1997

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer. Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). 2005

Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung und Bundeszahnärztekammer. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V). 2016

Kebke S, Francsson H, Brudin M, Mota de Almeisa FJ. Tooth survival following root canal treatment by general dental practitioners in a Swedish county - a 10-year follow-up study of a historical cohort. *Int Endod J* 2021; 54 (1): 5-14

Kieswetter K, Schwartz Z, Dean DD, Boyan BD. The role of implant surface characteristics in the healing of bone. *Crit Rev Oral Biol Med* 7 1996a; 4: 329- 345

Kieswetter K, Schwartz Z, Hummert TW, Cochran DL, Simpson J, Dean DD, Boyan BD. Surface roughness modulates the local production of growth factors and cytokines by osteoblast-like MG-63 cells. *J Biomed Mater Research* 1996b; 32 (1): 55-63

King JH, Sweet JJ, Sherer M, Curtiss G, Vanderploeg RD. Validity indicators within the Wisconsin Card Sorting Test: application of new and previously researched multivariate procedures in multiple traumatic brain injury samples. *Clin Neuropsychol* 2002; 16 (4): 506-523

Koldslund OC, Scheie AA, Aass AM. Prevalence of peri-implantitis related to severity of the disease with different degrees of bone loss. *J Periodontol* 2010; 81: 231–238

Korsch M, Obst U, Walther W. Cement-associated peri-implantitis: a retrospective clinical observational study of fixed implant-supported restorations using a methacrylate cement. *Clin Oral Implants Research* 2014; 25(7): 797-802

Kutan-Misirlioglu E, Bolukbasi N, Yildirim-Ondur E, Ozdemir T. Clinical and Radiographic Evaluation of Marginal Bone Changes around Platform-Switching Implants Placed in Crestal or Subcrestal Positions: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Clin Implant Dentistry and Related Research* 2015; 17 (2): 364-375

Lagervall M and Jansson LE. Treatment outcome in patients with peri- implantitis in a periodontal clinic: a retrospective study. *J Periodontol* 2013; 84: 1365–1373

Lago L, Silva L, Martinez-Silva I, Rilo B. Crestal Bone Level Around Tissue-Level Implants Restored with Platform Matching and Bone-Level Implants Restored with Platform Switching: A 5-Year randomized Controlled Study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018; 33: 448–456

Lang NP and Hill PW. Radiographs in periodontics; *J Clin Periodontol* 1977; 4 (1): 16-28

Lang NP, Bragger U, Walther D, Beamer B, Kornman KS. Ligature-induced peri-implant infection in cynomolgus monkeys. I. Clinical and radiographic findings. *Clin Oral Implants Research* 1993; 4: 2-11

Lang NP, Wetzel AC, Stich H, Caffesse RG. Histologic probe penetration in healthy and inflamed peri-implant tissues. *Clin Oral Implants Research* 1994; 5: 191-201

Lang NP, Mombelli A, Tonetti MS, Brägger U, Hämmerle CH. Clinical trials on therapy for peri-implant infections. *Ann Periodontol* 1997; 2: 343-356

Lang NP, Wilson TG, Corbet EF. Biological complications with dental implants: their prevention, diagnosis and treatment. *Clin Oral Implants Research* 2000; 11 (1): 146-155

Lang NP, Pjetursson BE, Tan K, Brägger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPD) after an observation period of at least 5 years. II. Combined tooth-implant-supported FPDs. *Clin Oral Implants Research* 2004; 15: 643-653

Lang NP, Berglundh T, Heitz-Mayfield LJ, Pjetursson BE, Salvi GE, Sanz M. Consensus statements and recommended clinical procedures regarding implant survival and complications. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2004; 19: 150-154

Laurell L and Lundgren D. Marginal bone level changes at dental implants after 5 years in function: a meta-analysis *Clin Implant Dent Relat Research* 2011; 13 (1):19-28

Lazzara RJ and Porter SS. Platform switching: a new concept in implant dentistry for controlling postrestorative crestal bone levels. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2006; 26 (1): 9-17

Lee CT, Huang YW, Zhu L, Weltman R. Prevalences of peri-implantitis and peri-implant mucositis: systematic review and meta-analysis. *J Dent* 2017; 62: 1–12

Lekholm U, Adell R, Lindhe J, Brånemark PI, Ericsson B, Rockler B. Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A cross-sectional retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15: 53-61

Leutert CR, Stawarczyk B, Truninger TC, Hammerle CH, Sailer I. Bending moments and types of failure of zirconia and titanium abutments with internal implant-abutment connections: a laboratory study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2012; 27 (3): 505-512

Levin L, Halperin-Sternfeld M. Tooth preservation or implant placement: a systematic review of long-term tooth and implant survival rates; *J Am Dent Assoc* 2013; 144 (10): 1119-1233

Liljenberg B, Gualini F, Berglundh T, Tonetti M, Lindhe J. Composition of plaque-associated lesions in the gingiva and the peri-implant mucosa in partially edentulous subjects. *J Clin Periodontol* 1997; 24: 119-123

Lindhe J and Berglundh T. The interface between the mucosa and the implant. *Periodontol* 1998; 17: 47-54

Lindhe J and Meyle J. Group D of European Workshop on Periodontology. Peri-implant diseases: consensus report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* 2008; 35(8): 282-285

Linkevicius T, Linkevicius R, Alkimavicius J, Linkeviciene L, Andrijauskas P, Puisys A. Influence of titanium base, lithium disilicate restoration and vertical soft tissue thickness on bone stability around triangular-shaped implants: A prospective clinical trial. *Clin Oral Implants Research* 2018; 29 (7): 716-724

Linkevicius T and Vaitelis J. The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Research* 2015; 26 (11): 139-147

Linkevicius T, Vindasiute E, Puisys A, Peciuliene V. The influence of margin location on the amount of undetected cement excess after delivery of cement-retained implant restorations. *Clin Oral Implants Research* 2011; 22 (12): 1379-1384

Linkow LI. Some variant designs of the subperiosteal implant. *Oral Implantol* 1972; 2 (3): 190-205

Listgarten MA. Soft and hard tissue response to endosseous dental implants. *Anat Rec* 1996; 245: 410-425

Lulic M, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M, Salvi GE. Ante's (1926) law revisited: a systematic review on survival rates and complications of fixed dental prostheses (FDPs) on severely reduced periodontal tissue support. *Clin Oral Implants Research* 2007; 18 (3): 63-72

Mackenzie IC and Tonetti MS. Formation of normal gingival epithelial phenotypes around osseo-integrated oral implants in humans. *J Periodontol* 1995; 66: 933-943

Magne P, Oderich E, Boff LL, Cardoso AC, Belser UC. Fatigue resistance and failure mode of CAD/CAM composite resin implant abutments restored with type III composite resin and porcelain veneers. *Clin Oral Implants Research* 2011; 22 (11): 1275-1281

Mamalis A, Markopoulou K, Kaloumenos K, Analitis A. Splinting osseointegrated implants and natural teeth in partially edentulous patients: a systematic review of the literature. *J Oral Implantol* 2012; 38 (4): 424–434

Mantero E, Russo G, Dondero M, Levato GL, Piatelli GI, Gastaldi M, Cama A. Bacterial infections in patients with cephalocele epidemiological data and therapy. *Eur J Pediatr Surg* 1996; 6 (1): 40-41

Martin JY, Schwartz Z, Hummert TW, Schraub DM, Simpson J, Lankford J, Dean DD, Cochran DL, Boyan BD. Effect of titanium surface roughness on proliferation, differentiation, and protein synthesis of human osteoblast-like cells (MG63) *J Biomed Mater Res* 1995; 29 (3): 389-401

Matarasso S, Rasperini G, Iorio Siciliano V, Salvi GE, Lang NP, Aglietta M. A 10-year retrospective analysis of radiographic bone-level changes of implants supporting single-unit crowns in periodontally compromised vs. periodontally healthy patients. *Clin Oral Implants Research* 2010; 21 (9): 898-903

McKinney RV Jr, Steflik DE, Koth DL. Evidence for a junctional epithelial attachment to ceramic dental implants. A transmission electron microscopic study. *J Periodontol* 1985; 56: 579-591

McKinney RV Jr, Steflik DE, Koth DL. The epithelium dental implant interface. *J Oral Implantol* 1988; 13: 622-641

Menn I. Klinische Analyse von Implantaterfolg, Komplikationen und periimplantären Erkrankungen bei Patienten einer parodontologischen Fachpraxis. Inaugural-Dissertation Bonn 2018

Menn P. Radiologische Analyse des periimplantären Knochenniveaus bei Patienten einer parodontologischen Fachpraxis. Inaugural-Dissertation Bonn 2018

Michalakis KX, Hirayama H, Garefis PD. Cement-retained versus screw-retained implant restorations: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2003; 18 (5): 719-728

Mir-Mari J, Mir-Orfila P, Figueiredo R, Valmaseda-Castellon E, Gay-Escoda C. Prevalence of peri-implant diseases. A cross-sectional study based on a private practice environment. *J Clin Periodontol* 2012; 39 (5): 490–494

Misch CE, Perel ML, Wang H-L, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, Steigmann M, Rebaudi A, Palti A, Pikos M, Schwartz-Arad D, Choukroun J, Gutierrez-Perez J-L, Marenzi G, Calacanis DK. Implant Success, Survival, and Failure: The International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dentistry* 2008; 17: 5-15

Mollersten L, Lockowandt P, Linden LA. Comparison of strength and failure mode of seven implant systems: an in vitro test. *J Prosthet Dent* 1997; 78 (6): 582-591

Mombelli A, van Oosten MA, Schurch E Jr., Land NP. The microbiota associated with successful or failing osseointegrated titanium implants. *Oral Microbiol Immunol* 1987; 2 (4): 145-151

Mombelli A and Decaillet F. The characteristics of biofilms in peri-implant disease. *J Periodontol* 2011; 38: 203–213

Mombelli A, Muller N, Cionca N. The epidemiology of peri-implantitis. *Clin Oral Implants Research* 2012; 23 (6): 67-76

Moon IS, Berglundh T, Abrahamsson I, Linder E, Lindhe J. The barrier between the keratinized mucosa and the dental implant. An experimental study in the dog. *J Clin Periodontol* 1999; 26: 658-663

Moraschini V and Barboza ES. Success of dental implants in smokers and non-smokers. A systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2016; 45: 205–215

Nielsen HB, Schou S, Isidor F, Christensen AE, Starch-Jensen T. Short implants (8 mm) compared to standard length implants (>8 mm) in conjunction with maxillary sinus floor augmentation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2019; 48 (2): 239-249

Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, Flemmig TF, Garcia R, Giannobile WV, Graziani F, Greenwell H, Herrera D, Kao RT, Kebschull M, Kinane DF, Kirkwood KL, Kocher T, Kornman KS, Kumar PS, Loos BG, Machtei E, Meng H, Mombelli A, Needleman I, Offenbacher S, Seymour GJ, Teles R, Tonetti MS. Periodontitis: Consensus report of workgroup 2 of the 2017 World Workshop on the Classification

of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions. *J Periodontol* 2018; 89 (1): 173-182

Park SE, Da Silva JD, Weber HP, Ishikawa-Nagai S. Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clin Oral Implants Research* 2007; 18 (5): 569-574

Pauletto N, Lahiffe BJ, Walton JN. Complications associated with excess cement around crowns on osseointegrated implants: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1999; 14(6): 865-868

Piattelli A, Emanuelli M, Scarano A, Trisi P. A histologic study of nonsubmerged titanium plasma-sprayed screw implants retrieved from a patient: a case report. *Int J Periodontics Restorative Dent* 1996; 16: 138-147

Piattelli A, Scarano A, Piattelli M, Bertolai R, Panzoni E. Histologic aspects of the bone and soft tissues surrounding three titanium non-submerged plasma-sprayed implants retrieved at autopsy: a case report. *J Periodontol* 1997b; 68: 694-700

Pjetursson BE, Bragger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Research* 2007; 18 (3): 97–113

Pjetursson BE, Zwahlen M, Lang NP. Quality of reporting of clinical studies to assess and compare performance of implant-supported restorations. *J Clin Periodontol* 2012; 39 (12): 139-159

Pontoriero R, Tonelli MP, Carnevale G, Mombelli A, Nyman SR, Lang NP. Experimentally induced peri-implant mucositis. A clinical study in humans. *Clin Oral Implants Research* 1994; 5 (4): 254-259

Pranskunas M, Poskevicius L, Juodzbaly G, Kubilius R, Jimbo RJ. Influence of Peri-Implant Soft Tissue Condition and Plaque Accumulation on Peri-Implantitis; a Systematic Review. *J Oral Maxillofac Implants* 2016; 9, 7 (3)

Pretzl B, Kaltschmitt J, Kim TS, Reitmeir P, Eickholz PJ. Tooth loss after active periodontal therapy. 2: tooth-related factors. *Clin Periodontol* 2008; 35 (2): 175-218

Pruin EH. Long experience with implants. Quintessence Verlag 1974; 25 (1): 13-22

Rack A, Rack T, Stiller M, Riesemeier H, Zabler S, Nelson K. In vitro synchrotron-based radiography of micro-gap formation at the implant-abutment interface of two-piece dental implants. *J Synchrotron Radiation* 2010; 17 (2): 289-294

Raghoobar GM, Onclin P, Boven GC, Vissink A, Meijer HJA. Long-term effectiveness of maxillary sinus floor augmentation: A systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol* 2019; 46 (21): 307-318

Rammelsberg P, Meyer A, Lorenzo-Bermejo J, Kappel S, Zenthöfer A. Long-term chipping and failure rates of implant-supported and combined tooth-implant-supported metal-ceramic and ceramic fixed dental prostheses: A cohort study. *J Prosthet Dent* 2020; 14: 1-7

Renvert S, Giovannoli JL, Lang NP: Periimplantitis. Berlin: Quintessenz-Verlag, 2014

Renvert S, Polyzois I. Risk indicators for peri-implant mucositis. A systematic literature review. *J Clin Periodontol* 2015; 42: 172-186

Renvert S and Polyzois I. Treatment of pathologic peri-implant pockets. *J Periodontol* 2018; 76 (1): 180–190

Renvert S and Quirynen M. Risk indicators for peri-implantitis. A narrative review. *Clin Oral Implants Research* 2015; 26: 15–44

Renvert S, Roos-Jansåker AR, Claffey N. Non-surgical treatment of peri-implant mucositis and peri-implantitis: a literature review. *J Clin Periodontol* 2008; 35 (8): 305-315

Richter EJ und Spiekermann H. Prothetische Versorgung. In: Koeck B., Wagner W, Hrsg. *Praxis der Zahnheilkunde – Implantologie*: München, Urban & Schwarzenberg 1996: 221-263

Rinke S, Ohl S, Ziebolz D, Lange K, Eickholz P. Prevalence of periimplant disease in partially edentulous patients: a practice-based cross-sectional study. *Clin Oral Implants Research* 2011; 22 (8): 826–833

Roccuzzo M, De Angelis N, Bonino L, Aglietta M. Ten-year results of a three-arm prospective cohort study on implants in periodontally compromised patients. Part 1: implant loss and radiographic bone loss. *Clin Oral Implants Research* 2010; 21(5): 490-496

Roccuzzo A, Imber JC, Marruganti C, Salvi GE, Ramieri G, Roccuzzo M. Clinical outcomes of dental implants in patients with and without history of periodontitis: A 20-year prospective study. *J Clin Periodontol* 2022; 10:1-11

Rokn A, Aslroosta H, Akbari S, Najafi H, Zayeri F, Hashemi K. Prevalence of peri-implantitis in patients not participating in well-designed supportive periodontal treatments. A cross-sectional study. *Clin Oral Implants Research* 2017; 28 (3): 314–319

Romero-Millán JJ, Aizcorbe-Vicente J, Peñarrocha-Diago M, Galindo-Moreno P, Canullo L, Peñarrocha-Oltra D. Implants in the Posterior Maxilla: Open Sinus Lift Versus Conventional Implant Placement. A systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2019; 34 (4): 65–76

Roos-Jansåker AM, Lindahl C, Renvert H, Renvert S. Nine- to fourteen-year follow-up of implant treatment. Part II: presence of peri-implant lesions. *J Clin Periodontol* 2006; 33 (4): 290–295

Ruggeri A, Franchi M, Marini N, Trisi P, Piatelli A. Supracrestal circular collagen fiber network around osseointegrated nonsubmerged titanium implants. *Clin Oral Implants Research* 1992; 3: 169-175

Rühmann UC. Einfluss der prothetischen Versorgung auf den periimplantären Knochenabbau. Inaugural-Dissertation Frankfurt 2011

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. *J Biomedical Materials Research* 2006; 76 (2): 323-334

Saber SF, Abolfazli N, Nuroloyuni S. Effect of Abutment Height on Retention of Single Cement-retained, Wide- and Narrow-platform Implant-supported Restorations. *J Dent Research Dent Clin Dent Prospects* 2012; 6 (3): 98-102

Sailer I, Mühlemann S, Zwahlen M, Hämmerle CH, Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates. *Clin Oral Implants Research* 2012; 23 (6): 163-201

Sailer I, Philipp A, Zembic A, Pjetursson BE, Hammerle CH, Zwahlen M. A systematic review of the performance of ceramic and metal implant abutments supporting fixed implant reconstructions. *Clin Oral Implants Research* 2009; 20 (4): 4-31

Sailer I, Zembic A, Jung R, Siegenthaler D, Holderegger C, Hämmerle C. Randomized controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for canine and posterior single-tooth implant reconstructions: preliminary results at 1 year of function. *Clin Oral Implants Research* 2009; 39 (20): 219-225

Salvi GE, Brägger U. Mechanical and technical risks in implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2009; 24: 69-85

Sanchez-Perez A, Moya-Villaescusa MJ, Jornet-Garcia A, Gomez S: Etiology, risk factors and management of implant fractures. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2010; 15: 504–508

Schmidlin K, Schnell N, Steiner S, Salvi GE, Pjetursson B, Matuliene G, Zwahlen M, Brägger U, Lang NP. Complication and failure rates in patients treated for chronic periodontitis and restored with single crowns on teeth and/or implants. *Clin Oral Implants Research* 2010; 21 (5): 550-557

Schroeder A, Pohler O, Sutter F. Tissue reaction to an implant of a titanium hollow cylinder with a titanium surface spray layer. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkunde* 1976; 86: 713-727

Schroeder A, Van Der Zypen E, Stich H, Sutter F. The reactions of bone, connective tissue, and epithelium to endosteal implants with titanium-sprayed surfaces. *J Maxillofac Surg* 1981; 9: 15-25

Schroeder A und Buser D. Gewebsreaktionen. In: Schroeder A., Sutter F, Buser D, Krekeler G.H, Hrsg. *Orale Implantologie, Allgemeine Grundlagen und ITI-System*. 2. neubearbeitete und erweiterte Aufl., Thieme, Stuttgart, 1994: 118-229

Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler GH, Hrsg. *Orale Implantologie, Allgemeine Grundlagen und ITI-System*. 2. neubearbeitete und erweiterte Aufl., Thieme, Stuttgart, 1994: 3-13

Schropp L, Isidor F. Timing of implant placement relative to tooth extraction *J Oral Rehabil* 2008 Jan; 35 (1): 33-43

Schulte W, Kleineikenscheidt K, Lindner K, Schareyka R. Das Tübinger Sofortimplantat in der klinischen Prüfung. *Dtsch Zahnärztl Z* 1978; 33: 348-359

Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Clin Periodontol* 2018; 45 (20): 246-266

Scialom J. Implants aiguilles (pin implants). *J Oral Implant Transplant Surg* 1965; 11: 18-23

Seymour GJ, Gemmell E, Lenz LJ, Henry P, Bower R, Yamazaki K. Immunohistologic analysis of the inflammatory infiltrates associated with osseointegrated implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989; 4: 191-198

Siebert C, Rieder D, Eggert J, Wichmann MG, Heckmann SM. Long-Term Esthetic Outcome of TissueLevel and Bone-Level Implants in the Anterior Maxilla *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018; 33: 905–912

Silness J and L oe H. "Periodontal Disease In Pregnancy. li. Correlation Between Oral Hygiene And Periodontal Condtion." *Acta Odontol Scand* 1964; 22: 121-35

Simonisc P, Dufour T, Tenenbaum H. Long-term implant survival and success: a 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clin Oral Implants Research* 2010; 21 (7): 772-777

Spiekermann H, Donath K, Jovanovic S, Richter J. Implantatmaterialien. In: Rateitschak KH, Wolf HF, Hrsg. *Farbatlant der Zahnmedizin – Implantologie*: Stuttgart, New York, Thieme, 1994: 11-24

Steinebrunner L, Wolfart S, Ludwig K, Kern M. Implant-abutment interface design affects fatigue and fracture strength of implants. *Clin Oral Implants Research* 2008; 19 (12): 1276-1284

Straumann chirurgisches Vorgehen. Basisinformation zum chirurgischen Vorgehen mit dem ITI Dental Implantat System, Straumann Institut AG, Basel 2003

Straumann Produktkatalog. Straumann Produktkatalog 2005. Straumann Institut AG, Basel 2005

Straumann Verankerungssysteme. Verankerungssysteme für implantatfixierte Hybridprothesen. Straumann Institut AG, Basel 2005

Straumann-synOcta. Mechanik der synOcta-Implantat/ Sekundärverbindung. Straumann Institut AG, Basel 2004

Strietzel FP, Neumann K, Hertel M. Impact of platform switching on marginal peri-implant bone-level changes. A systematic review and meta-analysis. Clin Oral Implants Research 2015; 26 (3): 342-358

Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M. Implantologie. In: Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M, Hrsg. Curriculum Prothetik - Einführung in die dentale Implantologie: München, Quintessenz 1994: 1069-1163

Sulzer TH, Bornstein MM, Buser D. Aktuelles Indikationsspektrum in der oralen Implantologie an einer Überweisungsklinik. Eine retrospektive 3-Jahres- Analyse bei 737 Patienten mit 1176 Implantaten. Schweizer Monatsschrift 2004; 114: 444–450

Tenenbaum H, Bogen O, Severac F, Elkaim R, Davideau JL, Huck O. Long-term prospective cohort study on dental implants: clinical and microbiological parameters. Clin Oral Implants Research 2017; 28 (1): 86–94

Toia M, Stocchero M, Becktor JP, Chrcanovic B, Wennerberg A. Implant vs abutment level connection in implant supported screw-retained fixed partial dentures with cobalt-chrome framework: 1-year interim results of a randomized clinical study. Clin Implant Dent Relat Research 2019; 21: 238–246

Tomasi C and Derks J. Clinical research of peri-implant diseases--quality of reporting, case definitions and methods to study incidence, prevalence and risk factors of peri-implant diseases. J Clin Periodontol 2012; 39 (12): 207-223

Trammell K, Geurs NC, O'Neal J, Liu PR, McNeal S, Kenealy JN, Reddy MS. A prospective, randomized, controlled comparison of platform-switched and matched-abutment implants in short-span partial denture situations. *Int J Periodontics Restorative Dentistry* 2009; 29 (6): 599-605

Vela-Nebot X, Rodriguez X, Rodado-Alonso C, Segala-Torres M. Benefits of an implant platform modification technique to reduce crestal bone resorption. *Implant Dentistry* 2006; 15 (3): 313-320

von Recum AF and van Kooten TG. The influence of micro-topography on cellular response and the implications for silicone implants. *J Biomater Sci Polym Edition* 1995; 7 (2): 181-198

Wagner W und Al-Nawas B. Implantatmaterialien und Konstruktionsprinzipien der Implantate aus chirurgischer Sicht. In: Koeck, B., Wagner, W. *Praxis der Zahnheilkunde, Implantologie Bd.13*. München-Jena: Urban und Fischer 2004

Wallner G, Rieder D, Wichmann MG, Heckmann SM. Peri-implant Bone Loss of Tissue-Level and Bone-Level Implants in the Esthetic Zone with Gingival Biotype Analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2018; 33: 1119–1125

Wallowy P. Periimplantäre Entzündungen. *Clin Implant Dent Relat Research* 16 (2), 238–247

Watzek G und Mailath-Pokorny G. Zahnärztliche Implantate. In: Schweizer N, Ehrenfeld M, Hrsg. *Zahnärztliche Chirurgie*. Stuttgart: Thieme, 2000; 53: 320-336

Welander M, Abrahamsson I, Berglundh T. The mucosal barrier at implant abutments of different materials. *Clin Oral Implants Research* 2008; 19 (7): 635-641

Wilson TG Jr. The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: a prospective clinical endoscopic study. *J Periodontol* 2009; 80 (9): 1388-1392

Wilson TG Jr, Valderrama P, Burbano M, Blansett J, Levine R, Kessler H, Rodrigues DC. Foreign bodies associated with peri-implantitis human biopsies. *J Periodontol* 2015; 86 (1): 9-15

Wittneben JG, Joda T, Weber HP, Bragger U. Screw retained vs. cement retained implant-supported fixed dental prosthesis. *Periodontol 2000* 2017; 73 (1): 141–151

Yamanishi Y, Yamaguchi S, Imazato S, Nakano T, Yatani H. Influences of implant neck design and implant-abutment joint type on peri-implant bone stress and abutment micromovement: three-dimensional finite element analysis. *Dent Mater* 2012; 28 (11): 1126-1133

Zembic A, Kim S, Zwahlen M, Kelly JR. Systematic review of the survival rate and incidence of biologic, technical, and esthetic complications of single implant abutments supporting fixed prostheses. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2014; (29): 99-116

Zipprich H, Weigl P, Lange B, Lauer H.C. Erfassung, Ursachen und Folgen von Mikrobewegungen am Implantat-Abutment-Interface. *Implantologie* 2007; 15 (1): 31-46

Zitzmann NU and Berglundh T. Definition and prevalence of peri-implant diseases. *J Clin Periodontol* 2008; 35 (8): 286-291

## 7. Anhang

### 8. Tabellenverzeichnis

#### 8.1 Statistik-Tabellen

#### Tab. 1: Patient\*innen-Fragebogen

#### Untersuchungsbogen Nr.

Name: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Datum Implantation: \_\_\_\_\_

Datum Zahnersatz: \_\_\_\_\_

##### Zahnverlust

Trauma	Karies	Parodontitis	Endo	Andere

##### Zahnersatz

	Krone	Brücke	Prothese	Andere
Material ZE				
Abutment				

##### Zufriedenheit:

Sehr	ja	nein	garnicht

##### Implantatpflege

IDR-Bürste	H-ZB	E-ZB	ZS	Floss

##### Pflegehäufigkeit

IDR-Bürste	H-ZB	E-ZB	ZS	Floss

##### Recall

PZR Recall	Regelmäßig	Häufigkeit	von-bis

##### Rauchen

Raucher	Anzahl	von -bis

##### Beruf

Promotion	Akademiker	Abitur	Ausbildung	k.A.

Stress: ja / nein

Bruxismus: ja / nein

Größe in cm:

Gewicht in kg:

Tab. 2: Parodontitis – Grading

Parodontitis-Grade			Grad A	Grad B	Grad C
			langsame Progressions-Rate	moderate Progressions-Rate	schnelle Progressions-Rate
Primäre Kriterien	direkte Evidenz für Progression	longitudinale Daten (röntgenologisch oder Verlust an CAL)	Evidenz für keinen Abbau über 5 Jahre	< 2 mm über 5 Jahre	≥ 2 mm über 5 Jahre
	Indirekte Evidenz für Progression	Knochenabbau / Alter  Fall – Phänotyp	< 0,25  viel Biofilmauflagerungen mit wenig parodontalem Abbau	0,25 – 1,0  parodontale Destruktion entspricht Biofilmauflagerungen	> 1,0  parodontale Destruktion überschreitet die Erwartung angesichts der Biofilmauflagerungen; spezifisches klinisches Muster legt

					Perioden schneller Progression und / oder früh einsetzende Erkrankung, d.h. Molaren-Inzisiven-Muster nahe; fehlendes zu erwartendes Ansprechen auf Standardtherapien zur bakteriellen Kontrolle
Grad-Modifikatoren		Rauchen	Nichtraucher	Raucher < 10 Zigaretten / Tag	Raucher ≥ 10 Zigaretten / Tag
		Diabetes	normoglykämisch mit oder ohne vorherige Diagnose von Diabetes	HbA1c < 7,0 bei Diabetes-Patienten	HbA1c ≥ 7,0 bei Diabetes-Patienten

**Tab. 3:** Parodontitis – Staging

Parodontitis-Stadium		Stadium I	Stadium II	Stadium III	Stadium IV
Schwere	interdentaler CAL an Stelle mit höchstem Verlust	1 – 2 mm	3 – 4 mm	≥ 5 mm	≥ 5 mm
	röntgenologischer Knochenabbau	koronales Drittel (< 15 %)	koronales Drittel (15 – 33 %)	bis ins mittlere oder apikale Wurzeltrittel	bis ins mittlere oder apikale Wurzeltrittel
	Zahnverlust	kein Zahnverlust aufgrund von Parodontitis	kein Zahnverlust aufgrund von Parodontitis	Zahnverlust aufgrund von Parodontitis von ≤ 4 Zähnen	Zahnverlust aufgrund von Parodontitis von ≥ 5 Zähnen
Komplexität	lokal	maximale Sondierungstiefe 3 – 4 mm, zumeist horizontaler Knochenabbau	maximale Sondierungstiefe 4 – 5 mm, zumeist horizontaler Knochenabbau	zusätzlich zur Stadium II – Komplexität: Sondierungstiefe ≥ 6 mm, vertikaler Knochenabbau ≥ 3 mm,	zusätzlich zur Stadium III – Komplexität: Notwendigkeit für komplexe Rehabilitation wegen:
				Furkationsbeteiligung Grad II oder III, moderater Kammdefekt	mastikatorischer Dysfunktion; sekundärem okklusalem Trauma; (Zahnbeweglichkeit ≥ 2 Grad); Bisskollaps; Zahnwanderung, Auffächerung; weniger als 20 verbleibende Zähne (10 gegenüberliegende Paare); schwerer Kammdefekt
Ausmaß & Verteilung	Als Deskriptor zum Stadium hinzufügen	Für jedes Stadium Ausmaß als lokalisiert (< 30 % Zähne betroffen), generalisiert oder Molaren-Inzisiven-Muster beschrieben			

**Tab. 4:** Chi-Quadrat-Test zur Beurteilung der Patientencharakteristika nach dem Implantatsystem

	TL (n= 46)	BL (n= 18)	p-Wert	Effekt
Männer , n (%)	23 (50,00 %)	11 (61,11 %)	0,423	-
Alter, Jahre $\pm$ SD	64,54 $\pm$ 11,91	65,94 $\pm$ 11,49	0,671	-
Raucher, n (%)	8 (17,39 %)	5 (27,78 %)	0,49 <sup>1</sup>	-
Recall (regelmäßig), n (%)	36 (78,26 %)	9 (50,00 %)	0,026*	0,278 <sup>2</sup>
Diabetes mellitus, n (%)	1 (2,17 %)	0 (0 %)	-	-

\*p <0,05 (zweiseitig) für einen Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson; <sup>1</sup> exakter Test nach Fisher; <sup>2</sup> Cramer-V

**Tab. 5:** Chi-Quadrat-Test zur Beurteilung des Rauchverhaltens

<b>Rauchverhalten</b>			
	Ja	Nein	Gesamt
BL	5	13	18
	27,78 %	72,22 %	100,0 %
TL	8	38	46
	17,4 %	82,6 %	100,0 %
Gesamt	13	51	64
	20,3 %	79,7 %	100,0 %
Fisher	0,490		

**Tab. 6:** Chi-Quadrat-Test zur Beurteilung des Recallverhaltens

<b>Recallverhalten</b>				
	Regelmäßig	Unregelmäßig	Kein	Gesamt
BL	9	7	2	18
	50,0 %	38,9 %	11,1 %	100,0 %
TL	36	9	1	46
	78,26 %	19,54 %	2,2 %	100,0 %
Gesamt	45	16	3	64
	70,3 %	25,0 %	4,7 %	100,0 %
Fisher	0,026			
Cramer-V	0,278			

**Tab. 7:** Einfaktorielle Varianzanalyse zum Vergleich der Gruppenmittelwerte

	Knochenabbau	
Zahnersatz	mesial x (SD)	distal x (SD)
Kronen	-0,2278 (0,392)	-0,2569 (0,392)
Brücken	-0,3598 (0,764)	-0,5189 (0,711)
heraus- nehmbarer ZE	-0,5500 (0,680)	-0,8188 (1,088)
Signifikanz	0,134	0,002*
$\eta^2$	-	0,069

$p < ,05$  (zweiseitig) für eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA); x: arithmetischer Mittelwert; SD: Standardabweichung;  $\eta^2$ : partielles Eta-Quadrat

**Tab. 8:** Signifikanzniveau der Mittelwertvergleiche (distaler Knochenabbau) der Faktorstufen Kronen, Brücken und herausnehmbarer Zahnersatz mit dem Post-hoc-Test nach Tamhane

	Zahnersatz			
Kronen	Brücken	herausnehmbar		
Zahnersatz	Kronen	-	<b>0,014*</b>	0,166
Brücken		-	0,663	

\*Die Differenz der Mittelwerte ist auf dem Niveau  $p < ,05$  (zweiseitig) signifikant

**Tab. 9:** Korrelationskoeffizienten nach Pearson

	Zeitraum	Gingivadicke	Sondierungstiefe
mesialer Knochenabbau	0,018	-0,175	0,033
Signifikanz (p-Wert)	0,818	0,022*	0,666
distaler Knochenabbau	0,033	0,012	-0,034
Signifikanz (p-Wert)	0,667	0,880	0,658

\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant

**Tab. 10:** Charakteristika auf Implantatebene nach dem Implantatsystem

	TL (n= 108)	BL (n= 69)	p-Wert	Effekt
Plaques n (%)	54 (50,9 %)	37 (55,2 %)	0,583	-
Blutungen n (%)	53 (50,0 %)	31 (46,3 %)	0,632	-
Biologische Komplikationen n (%)	13 (12,3 %)	7 (10,1 %)	0,667	-
Technische Komplikationen n (%)	1 (0,9 %)	3 (4,3 %)	0,302 <sup>1</sup>	-
Peri-Implantitis n (%)	0 (0,0 %)	3 (4,3 %)	0,060 <sup>1</sup>	-
Mukositis n (%)	31 (29,2 %)	13 (18,8 %)	0,121	
Mesiale Weichgewebssdicke (mm)	3,75 ±0,96	3,71 ±1,09	0,808 <sup>2</sup>	-
Distale Weichgewebssdicke (mm)	3,94 ±1,09	3,38 ±0,98	0,649 <sup>2</sup>	-
Mesialer Knochenabbau (mm)	-0,02 ±0,74	-0,24 ±1,02	0,136	-
Distaler Knochenabbau (mm)	-0,16 ±0,79	-0,41 ±0,99	0,066	-
Sondierungstiefe > 5 mm n (%)	6 (5,7 %)	11 (16,4 %)	0,021*	0,176 <sup>3</sup>
Zahnersatz Kronen n (%)	58 (54,7 %)	14 (20,9 %)	< 0,001*	0,384 <sup>3</sup>

\* p < 0,05 (zweiseitig) für einen Chi<sup>2</sup>-Test nach Pearson; <sup>1</sup> exakter Test nach Fisher; <sup>2</sup> t-Test für unabhängige Stichproben; <sup>3</sup> Cramer-V

**Tab. 11:** 95 %-CIs für die mittlere Weichgewebsdicke und den mittleren Knochenabbau

	TL (n= 108)	BL (n= 69)
Mesiale Weichgewebsdicke (mm)	[3,565; 3,935]	[3,471; 4,008]
Distale Weichgewebsdicke (mm)	[3,729; 4,148]	[3,610; 4,093]
Mesialer Knochenabbau (mm)	[-0,322; -0,163]	[-0,625; -0,217]
Distaler Knochenabbau (mm)	[-0,456; -0,249]	[-0,679; -0,348]

## 9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung eines „Bone Level“ (A) und eines „Tissue Level“ (B) Implantates in Bezug zum Knochenniveau	13
Abbildung 2: Konstruktionsskizze eines Straumann Bone Level Implantats	15
Abbildung 3: Konstruktionsskizze eines Tissue Level Implantats	16
Abbildung 4: Anatomie des Hart- und Weichgewebes um dentale Implantate bei gesunden Verhältnissen	18
Abbildung 5: Anatomie des Hart- und Weichgewebes um Zähne (rechts) bei gesunden Ver- hältnissen	19
Abbildung 6: Anzahl der untersuchten Bone Level und Tissue Level Implantate	23
Abbildung 7: Flowchart zu den Auswahlkriterien	26
Abbildung 8: Aufführung der Patient*innen nach Stadium und Grad mit der neuen Klassifika- tion der Parodontitis (Ausgangsstadium)	29

Abbildung 9: Aufführung der Patient*innen nach Stadium und Grad mit der neuen Klassifikation der Parodontitis zum Nachuntersuchungszeitpunkt	29
Abbildung 10: Anzahl der im Oberkiefer inserierten Bone Level Implantate aufgeteilt nach Regio	31
Abbildung 11: Anzahl der im Unterkiefer inserierten Bone Level Implantate aufgeteilt nach Regio	31
Abbildung 12: Anzahl der im Oberkiefer inserierten Tissue Level Implantate aufgeteilt nach Regio	32
Abbildung 13: Anzahl der im Oberkiefer inserierten Bone Level Implantate aufgeteilt nach Regio	32
Abbildung 14: Beispielhafte Messung des Knochen- und Gingivaniveaus zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungsdatums hier bei Tissue Level Implantaten mit Brückenersatz im Oberkieferseitenzahnbereich	36
Abbildung 15: Beispielhafte Messung des Knochen- und Gingivaniveaus zum Zeitpunkt des Nachuntersuchungsdatums anhand eines Bone Level Implantat mit Brückenersatz im Oberkieferfrontzahnbereich	37
Abbildung 16: Die 64 Patient*innen mit dem jeweiligen Untersuchungszeitraum	39

Abbildung 17: Patient*innen in Abhängigkeit des Alters, aufgeteilt in männliche und weibliche Teilnehmer	40
Abbildung 18: Anzahl der jeweils inserierten Implantate aufgeteilt nach den einzelnen Patient*innen	40
Abbildung 19: Aufführung der acht Patient*innen, die sowohl Bone Level als auch Tissue Level Implantate inseriert bekommen haben	41
Abbildung 20: Anzahl der männlichen und weiblichen Patient*innen aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten	42
Abbildung 21: Anzahl der prothetischen Suprakonstruktion in Kronen, Brücken und herausnehmbaren Zahnersatz aufgeteilt in Bone Level und Tissue Level Implantate	43
Abbildung 22: Anzahl der Implantate aufgeteilt nach der prothetischen Suprakonstruktion und dem Geschlecht des jeweiligen Patient*innen	43
Abbildung 23: Anzahl der Patient*innen aufgeteilt nach Rauchverhalten und Bone Level und Tissue Level Implantate	44

Abbildung 24: Anzahl der untersuchten Patient*innen, die regelmäßig oder unregelmäßig / kein Recallintervall aufwiesen, aufgeteilt auf Bone Level und Tissue Level Im- plantate	45
Abbildung 25: Jeweilige Anzahl der Bone Level Implantate bei verschiedenen Parodontitis- Stadien/Graden	46
Abbildung 26: Jeweilige Anzahl der Tissue Level Implantate bei verschiedenen Parodontitis- Stadien/Graden	46
Abbildung 27: Bone Level und Tissue Level Implantate aufgeführt nach einer vorhandenen / nicht vorhandenen Plaque am Implantat zum Untersuchungszeitpunkt	47
Abbildung 28: Bone Level und Tissue Level Implantate aufgeführt nach einer vorhandenen / nicht vorhandenen Blutung am Implantat zum Untersuchungszeitpunkt	48
Abbildung 29: Mesiales Knochenniveau angegeben in mm bei 67 Bone Level Implantaten	49
Abbildung 30: Mesiales Knochenniveau angegeben in mm bei 106 Tissue Level Implantaten	49
Abbildung 31: Distales Knochenniveau angegeben in mm bei 67 Bone Level Implantaten	50

Abbildung 32:	
Distales Knochenniveau angegeben in mm bei 106 Tissue Level Implantaten	50
Abbildung 33:	
Jeweilige Anzahl der Bone Level Implantate mit maximalen Sondierungstiefen (in mm) von 2 – 7 mm	51
Abbildung 34:	
Jeweilige Anzahl der Bone Level Implantate mit maximalen Sondierungstiefen (in mm) von 2-7 mm	52
Abbildung 35:	
Mesiale und distale Weichgewebssdicke angegeben in mm, aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten im Mittelwert	53
Abbildung 36:	
Mesiale Weichgewebssdicke angegeben in mm an den Bone Level Implantaten	53
Abbildung 37:	
Mesiale Weichgewebssdicke angegeben in mm an den Tissue Level Implantaten	54
Abbildung 38:	
Distale Weichgewebssdicke angegeben in mm an den Bone Level Implantaten	54
Abbildung 39:	
Distale Weichgewebssdicke angegeben in mm an den Tissue Level Implantaten	55
Abbildung 40:	
Absolute Häufigkeiten der Mukositis differenziert nach dem Implantatsystem	56

Abbildung 41: Absolute Häufigkeiten der Peri-implantitis differenziert nach dem Implantatsystem	57
Abbildung 42: Häufigkeit der auftretenden biologischen Komplikationen aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten	58
Abbildung 43: Vorhandensein einer Mukositis und / oder Peri-implantitis und die durchgeführte Therapie aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten	58
Abbildung 44: Häufigkeit der auftretenden technischen Komplikationen aufgeteilt nach Bone Level und Tissue Level Implantaten	59
Abbildung 45: Implantaterfolg und -misserfolg nach Misch et al. (2008) dargestellt für beide Implantattypen	60
Abbildung 46: Mesialer und distaler Knochenabbau (mm) in Abhängigkeit von Plaque am Implantat zum Untersuchungszeitpunkt im Mittelwert	61

## 10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Sören Jepsen, Direktor der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, für die Annahme des Dissertationsthemas, für Ihre Ratschläge und Ihre intensive Betreuung bedanken.

Mein ganz besonderer Dank und meine besondere Wertschätzung gilt Herrn Dr. Martin Wieland Hagner, niedergelassen im Zentrum für umfassende Zahnmedizin - Dres. Bernard, Hagner und ZÄ Jung in Bonn-Lengsdorf, für seine kompetente Betreuung während der gesamten Promotion. Die gemeinsamen Diskussionen, seine Geduld, seine vielen wissenschaftlichen Anregungen, seine kompetenten Ratschläge, seine Begeisterungsfähigkeit und sein großes Engagement haben mich motiviert und wesentlich zum Gelingen dieser Promotion beigetragen. Herzlichen Dank für Alles!

Ebenso gilt mein besonderer Dank den beiden Kollegen von Herrn Dr. Martin Wieland Hagner, Herrn Dr. Norbert Bernard und Herrn Dr. Joachim Wegener. Den Dreien danke ich für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und für die Möglichkeit die Nachuntersuchungen trotz normal laufendem Praxisbetrieb über die Jahre zu ermöglichen. Hiermit verbunden geht mein Dank an das gesamte beteiligte Praxisteam des ZuZs für ihre Organisation der Nachuntersuchungen und die vielen helfenden Hände.

Dank gebührt des Weiteren Herrn Dr. Oliver Strompen als Statistiker. Er führte mit viel Geduld, hilfreichen Tipps die statistischen Auswertungen der Daten durch. Obwohl er parallel mit seinem Buch Statistik für Mediziner\*innen beschäftigt war. Besten Dank dafür.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner besten Freundin, Lara Schruff, für die „Excel-Nachhilfe“, das Layout, die Formatierung der Dissertation (die zahlreiche Stunden gekostet hat!) und natürlich für ihre stets beruhigenden Worte.

Ebenso möchte ich Herrn Werner Röser nicht unerwähnt lassen, dessen langjähriges grammatikalisch- und rechtschreib-geübtes Auge stets über meine Arbeit huschte.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Dr. Elisabeth Prause – ohne ihre Worte hätte diese Arbeit niemals ein Ende gefunden...

Besonderer Dank geht auch an meine kleine Schwester, Pia Jung, die stundenlang Implantat-Zeichnungen für mich entworfen hat, ohne zu verstehen was sie eigentlich zeichnete, stets mich motiviert und unterstützt hat. Ich danke ihr sehr und hab sie sehr lieb.

Tiefster Dank gilt auch meinem Lebensgefährten, Christian Kranefeld. Danke für seine aufmunternden Worte, seine Geduld, sein offenes Ohr, seine Kochkünste und dass er mich immer in allem was ich tue unterstützt. Dankeschön, mein Schatz. Und da ich ja bereits mit Dir in aller Vorfreude auf die kommenden Jahre bin, möchte ich Dich nun hiermit ganz offiziell fragen möchtest Du mich heiraten?

Nicht zuletzt geht an dieser Stelle mein größtes Dankeschön an meine Eltern für ihre Geduld, ihre verständnisvolle und motivierende Unterstützung in allen Lebensphasen und ihr uneingeschränktes Vertrauen in mich. Ihr habt mir immer das Gefühl emotionaler Geborgenheit gegeben. Dadurch konnte ich mich frei entwickeln und selbstbewusst meinen Lebensweg gehen. Ohne Sie wäre ich nicht da, wo ich heute bin! Danke dafür! Ich hab Euch lieb.