

**Diplomarbeit**

**Klinische Evaluierung von Patient\*innen nach  
Implantatbehandlung im Unterkiefer und  
Implantat-retinierter Versorgung: Eine retrospektive  
klinische Studie**

eingereicht von

**Sarah Sophie Pawel**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der Zahnheilkunde**

**(Dr.<sup>in.</sup> med. dent.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Klinischen Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und  
Zahnersatzkunde der Universitätsklinik für Zahnmedizin und  
Mundgesundheit**

unter der Anleitung von

**Dr.<sup>in.</sup> med. dent. Elisabeth Steyer**

und

**Ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Martin Lorenzoni**

Graz, 24.10.2022

*Eidesstattliche Erklärung*

*Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.*

*Graz, am 24.10.2022*

*Sarah Sophie Pawel eh.*

## Danksagung

Ich möchte mich von ganzem Herzen bei meiner Betreuerin Frau Dr. Elisabeth Steyer für die großartige Unterstützung, Mühen und Geduld beim Verfassen dieser Diplomarbeit bedanken.

Vielen Dank auch an Herrn Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni für die Zweitbetreuung sowie an Dr. Kerstin Theisen für die Hilfe beim Erstellen dieser Arbeit.

Danke an Frau DI Mischak für die statistische Auswertung der Daten und Erstellung von Diagrammen.

Ganz besonders möchte ich mich ebenfalls bei meinen Freund\*innen, die mich auf dem Studienweg begleitet und unterstützt haben, insbesondere bei Ulli, ohne die diese Zeit einfach nicht dasselbe gewesen wäre und bei Lisa, ohne die vor allem das letzte Studienjahr niemals so lustig und gut zu meistern gewesen wäre, bedanken. Ich weiß, dass ich in euch Freundinnen fürs Leben gefunden habe.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern Friederike und Dieter, die mich in allen Entscheidungen und Lebenslagen unterstützt und mir immer den Rücken gestärkt haben, ich weiß ihr seid immer für mich da.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagung .....	iii
Inhaltsverzeichnis .....	iv
Abkürzungen und deren Erklärung.....	vi
Abbildungsverzeichnis .....	vii
Tabellenverzeichnis .....	ix
Zusammenfassung .....	1
Abstract.....	3
Einleitung .....	4
1.1 Grundlagen der Implantologie .....	4
1.1.1 Indikationen .....	4
1.1.2 Knochenqualität und -quantität .....	5
1.1.3 Osseointegration .....	8
1.2 Möglichkeiten der implantatretinierten prothetischen Versorgung .....	9
1.3 Mögliche Komplikationen .....	11
1.3.1 Risikofaktoren .....	11
1.3.2 Biologische Komplikationen .....	14
1.3.3 Technische Komplikationen .....	15
2 Material und Methoden .....	16
2.1 Patient*innenkollektiv .....	16
2.2 Radiologische Untersuchungen .....	17
2.3 Klinische Untersuchungen .....	19
2.3.1 Sondierungsstatus .....	20
2.3.2 Blutung auf Sondierung (BOP) .....	20
2.3.3 Plaque Index (PI) nach O’Leary .....	20
2.4 Fragebogenuntersuchung – subj. Patient*innenzufriedenheit .....	21
2.5 Statistische Auswertung.....	22
3 Ergebnisse.....	23
3.1 Liegedauer und Überlebensrate .....	23
3.2 Alter- und Geschlechtsverteilung .....	24
3.3 Implantatsystem, Länge, Durchmesser und Implantatposition.....	24
3.4 Prothetische Versorgung.....	27
3.5 Marginales Knochenniveau und Resorption.....	28

3.6	Klinische Untersuchungen .....	30
3.7	Anamnese und subjektives Empfinden der Patient*innen.....	33
3.8	Komplikationen .....	37
3.9	Resorption im Vergleich .....	40
3.10	Klinische Parameter und Befestigungsmöglichkeiten.....	44
4	Diskussion .....	47
4.1	Implantatposition, -länge und -durchmesser.....	47
4.2	Periimplantärer Knochenrückgang und Implantatüberleben .....	48
4.3	Risikofaktoren.....	51
4.4	Komplikationen .....	52
4.5	Anamnese und subjektives Empfinden.....	54
5	Konklusion und Limitation.....	55
6	Literaturverzeichnis .....	57
6.1	Fragenbogen zur subjektiven Patient*innenzufriedenheit .....	73
6.2	OHIP G-14.....	77

## **Abkürzungen und deren Erklärung**

BDO.....	Berufsverband deutscher Oralchirurgen
DGMKG.....	Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
DGI.....	Deutsche Gesellschaft für Implantologie
DGZI.....	Deutsche Gesellschaft für zahnärztliche Implantologie e.V.
BDIZ EDI.....	Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa e.V.
Ncm.....	Newton Zentimeter
mm.....	Millimeter
OHIP-G.....	Oral Health Impact Profile-Germany
MBL.....	Marginal Bone Loss
BOP.....	Bleeding on Probing
PI.....	Plaque Index
SD.....	Standardabweichung
max. ST.....	maximale Sondierungstiefe
GBR.....	Guided Bone Regeneration
AR-ONJ.....	Antiresorptiva-assoziierte Kiefernekrose
CMD.....	Craniomandibuläre Dysfunktion

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Alveolarkammatrophy nach Atwood (Gruber, Solar et al., 1993) .....	6
Abbildung 2: Klassifikation der Knochenqualität nach Lekholm und Zarb (Gutwald, Gellrich et al., 2019).....	6
Abbildung 3:Klassifizierung der Knochenqualitäten nach Misch 1990 (Spiekermann, 1994) .....	7
Abbildung 4: Verschraubte Einzelzahnkronen auf Implantaten regio 36,46 (Eigene Darstellung) .....	10
Abbildung 5: Implantatgetragener Doldersteg im Unterkiefer (eigene Darstellung).....	11
Abbildung 6: Beispiel einer Röntgenvermessung zur Ermittlung des periimplantären Knochniveaus (Eigene Darstellung) .....	18
Abbildung 7: Fallbeispiel eines parodontalen Befundes (BOP,PI,ST) in der Florida-Probe® (Florida-Probe, 2022) .....	21
Abbildung 8: Kurve nach Kaplan-Meier bezüglich der Gesamtüberlebensrate der Implantate (Mischak, 2022).....	23
Abbildung 9: Häufigkeit der verwendeten Implantatsysteme (Eigene Darstellung).....	25
Abbildung 10: Verwendete Implantatlängen (Eigene Darstellung) .....	25
Abbildung 11: Implantatdurchmesser (Eigene Darstellung) .....	26
Abbildung 12: Implantatpositionen (Eigene Darstellung).....	27
Abbildung 13: Diagramm zum Knochniveau und zur Resorption (Mischak, 2022).....	29
Abbildung 14: Boxplotdiagramm zum BOP (Eigene Darstellung).....	31
Abbildung 15: Boxplotdiagramm zum PI (Eigene Darstellung).....	32
Abbildung 16: Boxplotdiagramm zur max. ST (Eigene Darstellung).....	33
Abbildung 17: Diagramm zum Gesundheitsfragebogen (Mischak, 2022).....	34
Abbildung 18: Beschwerden seit Implantation (Eigene Darstellung) .....	35
Abbildung 19: Auftreten von Komplikationen (Eigene Darstellung) .....	37
Abbildung 20: Stegfraktur regio 44/45 und 34/35 (Eigene Darstellung) .....	39
Abbildung 21: Röntgenbilder der Stegfraktur regio 44/45 und 34/35 aus Abbildung 20 (Eigene Darstellung).....	39
Abbildung 22: Streudiagramm zur Korrelation von Liegedauer und Resorption (Eigene Darstellung).....	40
Abbildung 23: Streudiagramm zur Korrelation von BOP und Resorption (Eigene Darstellung) .....	41
Abbildung 24: Resorption und Implantatposition (Eigene Darstellung).....	41

Abbildung 25: BOP bei den Befestigungsmöglichkeiten (Mischak, 2022) .....	45
Abbildung 26: PI bei den Befestigungsmöglichkeiten (Mischak, 2022).....	46
Abbildung 27: Max. ST bei den Befestigungsmöglichkeiten (Mischak, 2022) .....	46

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klassifizierung der Alveolarkammatrophie nach Atwood (Atwood, 1963) .....	6
Tabelle 2: Liegedauer der inserierten Implantate (Mischak, 2022).....	24
Tabelle 3: Alter- und Geschlechterverteilung (Mischak, 2022) .....	24
Tabelle 4: Suprakonstruktionen (Eigene Darstellung) .....	27
Tabelle 5: Befestigung der Suprakonstruktion (Eigene Darstellung).....	28
Tabelle 6: Knochenniveau und Resorption (Eigene Darstellung).....	29
Tabelle 7: BOP nach Gruppen (Mischak, 2022) .....	30
Tabelle 8: PI nach Gruppen (Eigene Darstellung).....	31
Tabelle 9: max. ST nach Gruppen (Eigene Darstellung).....	32
Tabelle 10: Grund Zahnverlust (Eigene Darstellung) .....	34
Tabelle 11: Grund für die Implantation (Eigene Darstellung) .....	36
Tabelle 12: Patient*innenzufriedenheit (Eigene Darstellung) .....	36
Tabelle 13: Adverse Events nach Art der Befestigung (Eigene Darstellung).....	38
Tabelle 14: Technische Komplikationen nach Art der Befestigung (Eigene Darstellung) .	38
Tabelle 15: Adverse Events nach Liegedauer (Eigene Darstellung).....	38
Tabelle 16: Technische Komplikationen nach Liegedauer (Eigene Darstellung).....	39
Tabelle 17: Zigarettenkonsum und Resorption (Eigene Darstellung).....	42
Tabelle 18: Alkoholkonsum und Resorption (Eigene Darstellung) .....	42
Tabelle 19: Befestigung und Resorption (Eigene Darstellung).....	43
Tabelle 20: Mittlere Resorption und Adverse Events (Eigene Darstellung).....	44
Tabelle 21: Technische Komplikation und Resorption (Eigene Darstellung).....	44
Tabelle 22: Klinische Parameter und Befestigungsmöglichkeiten (Eigene Darstellung) ...	45

## Zusammenfassung

**Schlagworte:** Dentale Implantate, Marginales Knochenniveau, Implantatüberleben, Implantat-retinierte Versorgung

**Studienziel:** Das Hauptziel dieser Studie war es, die Langzeitüberlebensrate verschiedener Implantatsysteme und unterschiedlicher Versorgungskonzepte im Unterkiefer sowie den periimplantären Knochenrückgang zu untersuchen und zu vergleichen. Des Weiteren wurden die Implantate auf biologische (periimplantäre Infektionen, PI, BOP, Pus) und technische Komplikationen (wie z.B. Abutmentfraktur, -schraubenfraktur, Chipping, Dezementierung, etc.) untersucht und die subjektive Patient\*innenzufriedenheit erhoben.

**Material und Methoden:** Es wurden 100 Patient\*innen mit insgesamt 280 Implantaten im Unterkiefer, welche an der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits von Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni zwischen 2014 und 2019 inseriert wurden, anhand der vorliegenden klinischen und radiologischen Kontrolldaten untersucht und mit Hilfe von deskriptiver Statistik analysiert und ausgewertet. Zur Datenerhebung wurden die klassischen parodontologischen Indizes Sondierungstiefe (ST), Bleeding on Probing (BOP) und Plaque Index nach O'Leary (PI) verwendet. Außerdem wurden intraorale Fotografien der Implantate angefertigt, etwaige Risikofaktoren ermittelt sowie mittels eines eigens erstellten Fragebogen und dem OHIP-G 14 die subjektive Patient\*innenzufriedenheit festgestellt. Für die Messung des MBL wurden digitale Kleinbildröntgenaufnahmen in Rechtwinkeltechnik angefertigt, anhand derer das marginale periimplantäre Knochenniveau mit der Implantatschulter als Referenzpunkt vermessen wurde. Der Implantatdurchmesser wurde als Referenzlänge verwendet. Aufschluss über etwaige Änderungen des marginalen Knochenniveaus bei einem Individuum lieferte der Vergleich dieser Röntgenbilder bzw. Messdaten über den Untersuchungszeitraum.

**Ergebnisse:** Aufgrund des Verlustes von zwei der gesamt 280 untersuchten Implantate ergibt sich bei einer durchschnittlichen Liegedauer von 6,9 Jahren ( $SD \pm 5.8$ ) eine Überlebensrate von 98,8%. Die durchschnittliche Knochenresorption betrug  $-0,38\text{mm}$  ( $SD \pm 1,13\text{mm}$ ), was einer jährlichen Resorptionsrate von  $-0,1\text{mm}$  ( $SD \pm 0,39\text{mm}$ ) entspricht. Das marginale Knochenniveau lag im Mittel bei  $-1,16\text{mm}$  ( $SD \pm 1,26$ ). Insgesamt wurden 11 technische und 4 biologische Komplikationen registriert.

**Konklusion:** Im Vergleich zu weiteren Studien präsentiert sich die Gesamtüberlebensrate mit 98,8% als hoher Durchschnitt, auch die durchschnittliche periimplantäre Knochenresorption ist vergleichbar mit ähnlicher Literatur. Des Weiteren konnten

Übereinstimmungen mit aktuellen Studien bezüglich Risikofaktoren, Komplikationen biologischer und technischer Art sowie Patient\*innenzufriedenheit detektiert werden. Eine Einflussnahme auf das periimplantäre Knochenniveau konnte bei einigen dieser Faktoren, beispielsweise einem erhöhten BOP-Index oder erhöhtem Tabakkonsum, bestätigt werden. Um noch exaktere Schlussfolgerungen ziehen zu können wären weitere Studien mit größeren Fallzahlen nötig.

## Abstract

**Keywords:** Dental implant, marginal bone level, implant survival, implant-retained restoration.

**Study objective:** The main objective of this study was to investigate and compare the long-term survival of different implant systems, peri-implant bone resorption and restoration concepts in the mandible. Furthermore, the implants were examined for biological (periimplant infections, PI, BOP, pus) and technical complications (abutment fracture, screw fracture, chipping, decementation etc.). In addition, subjective patient satisfaction was assessed.

**Material and methods:** 100 patients with a total of 280 implants placed in the mandible at the Department of Dental Medicine and Oral Health by Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni were examined on the basis of the clinical and radiographic control data, analyzed using descriptive statistics, and evaluated. The periodontal indices probing depth (ST), bleeding on probing (BOP) and plaque index according to O'Leary (PI) were used. Intraoral photographs were taken, risk factors were identified, and subjective patient satisfaction was determined using a specially designed questionnaire and the OHIP-G 14. For measuring the MBL, digital radiographs were taken using the right-angle technique to measure the peri-implant bone level with the implant shoulder as the reference point and the implant diameter as the reference length. Bone level changes were assessed by comparing these radiographs or measurement data over the study period.

**Results:** Due to the loss of two of the 280 implants examined, the average survival rate was 98.8% with a mean duration of 6.9 years (SD  $\pm$  5.8). The average bone resorption was -0.38mm (SD  $\pm$  1.13), leading to an annual resorption rate of -0.1mm (SD  $\pm$  0.39). The marginal bone level averaged -1.16mm (SD  $\pm$  1.26). 11 technical and 4 biological complications were recorded.

**Conclusion:** Compared to other studies, the survival rate of 98.8% presents as high average, also the average peri-implant bone resorption is comparable to similar literature. Furthermore, similarities with current studies regarding risk factors, complications and patient satisfaction could be detected. An influence on the marginal bone level could be confirmed for some of these factors, such as an increased BOP index or increased tobacco consumption. Further studies with larger numbers of cases would be necessary to draw more precise conclusions.

# Einleitung

## 1.1 Grundlagen der Implantologie

Dentale Implantate sind alloplastische Materialien, die enossal inseriert werden, um als Pfeiler für den Zahnersatz zu fungieren. Die Einsatzgebiete umfassen dabei neben der prothetischen Indikation auch Traumatologie, Kieferorthopädie sowie funktionelle und ästhetische Rehabilitation (Gutwald, Gellrich et al., 2019).

In dieser retrospektiven Studie werden Ergebnisse dentaler Implantate in Bezug auf Knochenverlust, klinische Parameter, Patient\*innenzufriedenheit sowie technische und biologische Komplikationen präsentiert.

Zur Datenerhebung wurden Patient\*innen berücksichtigt, welche zwischen 2014 und 2019 eine Implantatversorgung im Unterkiefer von Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni an der Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Graz erhalten haben und anschließend prothetisch versorgt wurden.

### 1.1.1 Indikationen

Der implantatgetragene Zahnersatz hat aufgrund von Vorteilen hinsichtlich funktioneller und präventiver Gesichtspunkte sowie verbesserter klinischer Langzeitbewährung ein sehr umfassendes Indikationsspektrum (Strub, Kern et al., 2011).

Als gängige Indikationsstellungen sind Einzelzahnlücken, Schalllücken, Freiendsituationen, der zahnlose Kiefer, traumatischer Zahnverlust, Nichtanlage von Zähnen sowie angeborene Fehlbildungen und die Versorgung nach ablativer Tumorchirurgie zu nennen (Gutwald, Gellrich et al., 2019).

Die Konsensuskonferenz Implantologie der Verbände BDO, DGMKG, DGI, DGZI und BDIZ EDI hat im Jahr 1994 erstmals Indikationsklassen in der Implantologie im Sinne eines Goldstandards beschrieben und diese dann 2014 der Entwicklung des Fachgebiets angepasst. Die Indikationsklassen sind als Regelfallversorgung beschrieben, wobei Anpassungen je nach individuellen Bedürfnissen der Patient\*innen nach strenger Indikationsstellung möglich sind.

Zur Indikationsklasse I gehört der Einzelzahnersatz, bei dem ein Implantat maximal zwei fehlende Zähne ersetzen soll.

Die Indikationsklasse II beschreibt den reduzierten Restzahnbestand. Hier werden für eine festsitzende Versorgung im Unterkiefer vier bis sechs Pfeiler benötigt. Für eine abnehmbare Versorgung werden vier Pfeiler empfohlen.

Die Indikationsklasse III stellt der zahnlose Kiefer dar, bei dem für die Verankerung eines festsitzenden Zahnersatzes im zahnlosen Unterkiefer sechs Implantate, beziehungsweise vier für eine herausnehmbare Versorgung indiziert sind (Konsensuskonferenz Implantologie, 2014).

In dieser Arbeit wurden Daten zu Implantaten der Indikationsklassen I, II und abnehmbare Versorgungen der Klasse III erhoben.

### **1.1.2 Knochenqualität und -quantität**

Eine gute Knochenqualität führt zu einer verbesserten Erfolgsrate dentaler Implantate (Furukawa, Matsunaga et al., 2019).

Nach Extraktion oder Zahnverlust kommt es zum kontinuierlichen Umbau des Alveolarknochens, welcher mit einer Resorption des ortständigen Knochens verbunden ist (Gutwald, Gellrich et al., 2019). In den ersten drei Monaten bis zu einem Jahr ist die Resorptionsrate am höchsten. Dabei sind die Abbauvorgänge in der Mandibula größer als in der Maxilla. Die Altersinvolution des Kieferknochens beträgt etwa 0,2mm pro Jahr (Tallgren, 2003).

Im Jahr 1963 klassifizierte Atwood erstmals die Alveolarkammatrophie der Mandibula. Er beschrieb sechs charakteristische Klassen: „preextraction“ (vor der Extraktion), „postextraction“ (Alveole nach der Extraktion), „high and well rounded“ (gut gerundetes und hohes Knochenniveau), „knife edge“ (Messerrücken-der Kiefer stellt sich schmal, aber hoch dar), „low and well rounded“ (Kiefer abgerundet und flach) und „depressed“ (gedrücktes Knochenniveau, das bedeutet der Kiefer ist konkav atrophiert)(Atwood, 1963). (siehe Tabelle 1; Abbildung 1).

Resorptionsklasse	Stadium	Deutsche Übersetzung
1	Preextraction	vor der Extraktion
2	Postextraction	Alveole nach der Extraktion
3	High and well rounded	gut gerundetes, hohes Knochniveau
4	Knife edge	Messerrücken
5	Low and well rounded	Kiefer abgerundet und flach
6	Depressed	gedrücktes Knochniveau

Tabelle 1: Klassifizierung der Alveolarkammatrophie nach Atwood (Atwood, 1963)

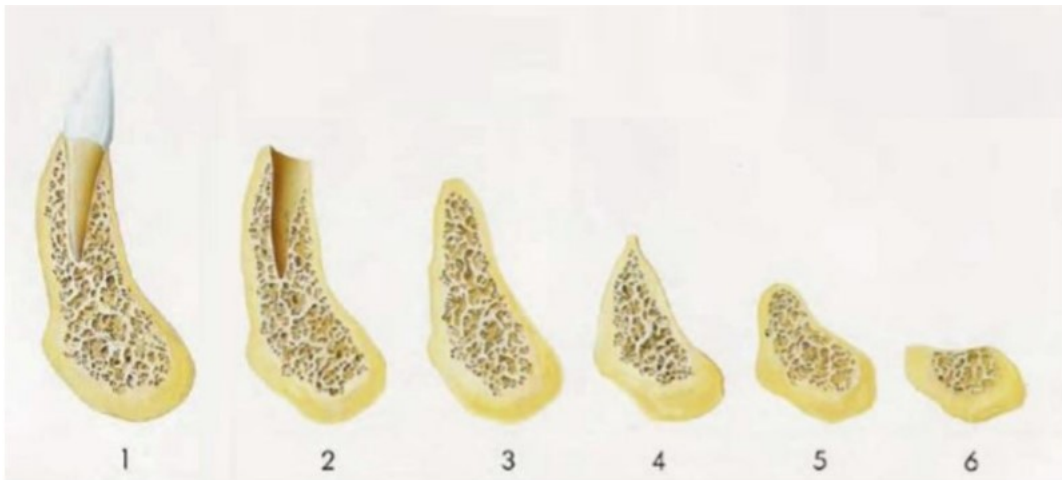


Abbildung 1: Alveolarkammatrophie nach Atwood (Gruber, Solar et al., 1993)

Die Qualität des Alveolarknochens wurde 1985 von Lekholm und Zarb nach Verhältnis von spongiösem zu kortikalem Knochen in 4 Klassen eingeteilt (siehe Abbildung 2).

Klasse	Spongiosa	Kompakta
1	wenig	überwiegend, homogen
2	engmaschig	breit
3	engmaschig	dünn
4	weitmaschig	dünn

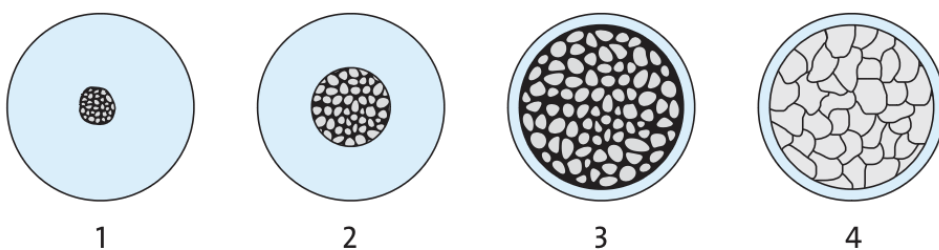


Abbildung 2: Klassifikation der Knochenqualität nach Lekholm und Zarb (Gutwald, Gellrich et al., 2019).

Anhand der Abbildung lässt sich erkennen, dass Knochen der Klasse 1 überwiegend aus Kortikalis besteht und wenig Spongiosa enthält. In Klasse 2 umgibt eine dicke Kortikalisschicht den trabekulären Knochen. In Klasse 3 wird der größere Anteil der Spongiosa von wenig Kompakta umgeben und in Klasse 4 befindet sich ein weitmaschiger Kern aus spongiösem Knochen, welcher von einer dünnen Kortikalisschicht umgeben ist. Eine implantatbezogene Klassifikation wurde 1990 von C.E. Misch eingeführt, welche die von Lekholm und Zarb beschriebenen Knochenklassen um die Position im Kiefer, den zu setzenden Implantaten und die daraus resultierenden klinischen Konsequenzen für das Setzen von Implantaten erweiterte (siehe Abbildung 3). Daraus lässt sich ableiten, dass die beste Voraussetzung für eine Implantatinsertion eine dichte poröse Kompakta und engmaschige Spongiosa ist, da hier eine gute Primärstabilität und ausreichende Blutversorgung für das Einheilen des Implantates sowie eine einfache Implantatbettpräparation gegeben sind.

<p><b>D1 – dichte Kompakta</b> Frontalbereich des atrophierten zahnlosen Unterkiefers</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– gute Primärstabilität der Implantate</li> <li>– große Implantat-Knochen-Kontaktfläche</li> <li>– kurze Implantate möglich</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– reduzierte Blutversorgung (längere Einheilungszeit)</li> <li>– oft geringe Knochenhöhe (Implantat-Kronen-Relation)</li> <li>– schwierige Implantatbettpräparation (Überhitzung)</li> </ul>
<p><b>D2 – dichte poröse Kompakta – engmaschige Spongiosa</b> Front- und Seitenzahnbereich im Unterkiefer Frontalbereich (oral) im Oberkiefer</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– gute Primärstabilität</li> <li>– gute Einheilungstendenz (Blutversorgung)</li> <li>– einfache Implantatbettpräparation</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine</li> </ul>
<p><b>D3 – dünne, poröse Kompakta – weitmaschige Spongiosa</b> Frontbereich (fazial) und Seitenzahnbereich im Oberkiefer Seitenzahnbereich im Unterkiefer Zustand nach Osteoplastik von D2</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– gute Blutversorgung</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– schwierige Implantatbettpräparation (Bohrlocherweiterung)</li> <li>– maximale Ausnutzung des Knochenangebots notwendig</li> <li>– reduzierte Implantat-Knochen-Kontaktfläche (Erhöhung der Implantatzahl)</li> </ul>
<p><b>D4 – weitmaschige Spongiosa</b> Tuberbereich Zustand nach Osteoplastik von D3</p>	<p>Vorteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– keine</li> </ul> <p>Nachteile:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– schwierige Implantatbettpräparation (Primärstabilität)</li> <li>– maximale Ausnutzung des Knochenangebots notwendig</li> <li>– reduzierte Implantat-Knochen-Kontaktfläche (Erhöhung der Implantatzahl)</li> </ul>

Abbildung 3: Klassifizierung der Knochenqualitäten nach Misch 1990 (Spiekermann, 1994)

### 1.1.3 Osseointegration

Der Begriff Osseointegration beschreibt den Einheilungsprozess von Implantaten im Alveolarknochen und wurde von Brånemark als direkte strukturelle und funktionelle Verbindung zwischen lebendem Knochen und der Implantatoberfläche beschrieben (Brånemark, 1983).

Die Definition wurde 1991 durch Albrektsson und Zarb erweitert, indem sie die Osseointegration als einen Prozess beschrieben, der klinisch eine feste Verbindung zu einem alloplastischen Material darstellt und diese während einer klinischen Belastung beibehält (Zarb & Albrektsson, 1991). Somit wurde die Osseointegration nicht als einmaliges Geschehen, sondern als fortwährendes Ereignis dargestellt, was bedeutet, dass durch Implantatbelastung ein Remodeling des Knochens an den Implantaten stattfindet (Dinkelacker, 2014).

Bei der Insertion des Implantates soll im Optimalfall eine ausreichende Primärstabilität von größer als 35Ncm erreicht werden, welche von der mechanischen Friktion zwischen der Implantatoberfläche und dem umgebenden Knochen sowie von Makro- und Mikrodesign des Implantates abhängig ist (Pai, Rodrigues et al., 2018).

Daraufhin kommt es zum Einsetzen der Wundheilungskaskade: Zuerst organisiert sich ein Blutkoagulum/Fibrinnetz entlang der Implantatoberfläche, welches durch Osteoklasten resorbiert wird. Präosteoblasten besiedeln durch aktive Lokomotion die Implantatoberfläche und Osteotomielinie, differenzieren sich zu Osteoblasten und bilden Osteoid. Durch Mineralisierung des Osteoids kommt es zur Bildung von Geflechtknochen, welcher sich durch Umbauvorgänge innerhalb von 3-6 Monaten nach der Implantation in den stabileren und funktionellen lamellären Knochen umwandelt (Gutwald, Gellrich et al., 2019). Die durch diesen Einheilvorgang entstehende Stabilität des Implantates wird als Sekundärstabilität bezeichnet (Swami, Vijayaraghavan et al., 2016).

## **1.2 Möglichkeiten der implantatretinierten prothetischen Versorgung**

Für eine erfolgreiche Versorgung sind eine sorgfältige Implantatplanung und die Wahl der richtigen prothetischen Suprastruktur unerlässlich. Die prothetische Versorgung richtet sich nach der Anzahl der zu ersetzenden Zähne sowie individuell nach Gesichtspunkten der Ästhetik, Funktion und Phonetik (Strub, Kern et al., 2011). Entscheidend ist auch die Anatomie sowie die Hart- und Weichgewebssituation (Misch & Resnik, 2018).

Des Weiteren müssen die Wünsche und finanziellen Möglichkeiten der Patient\*innen berücksichtigt werden und die/der Patient\*in sollte gründlich über alle möglichen Optionen mit Vor- und Nachteilen aufgeklärt werden (Misch & Resnik, 2018).

Die Versorgungskonzepte reichen von Einzelzahnkronen (siehe Abbildung 4), indiziert für Schatlücken von ein bis zwei Zähnen über implantatgestützte Brücken bis hin zu abnehmbaren oder festsitzenden Gesamtrestorationen im zahnlosen Kiefer (Strub, Kern et al., 2011).

Grundsätzlich wird zwischen prothetischen Konzepten, welche für die/den Patient\*in herausnehmbar und solchen, die für die/den Patient\*in festsitzend sind unterschieden.

Bei der Versorgung einer Einzelzahnücke wird pro zu ersetzendem Zahn ein Implantat gesetzt und mit einer Einzelzahnkrone versorgt. Für Schatlücken von mindestens zwei fehlenden Zähnen oder bei Friendsituationen, in denen ebenfalls jeder fehlende Zahn durch ein Implantat ersetzt wird, besteht die Möglichkeit der Verblockung der Kronen, welche vor allem im Oberkiefer Seitenzahnbereich eingesetzt wird. In der Mandibula wird der Einsatz von verblockten Kronen aufgrund von Mikrotorsionen diskutiert (Williams, Vinyard et al., 2009). Auch implantatgetragene Brücken können als festsitzende Versorgungsmöglichkeit eingesetzt werden. Hierfür werden mindestens zwei Implantate als Pfeiler gesetzt, um die Schatlücke von mindestens drei Zähnen zu versorgen.

Bei der Befestigungsmöglichkeit wird zwischen verschraubten und provisorisch zementierten Restaurationen unterschieden. Verschraubte Implantatkronen bieten den Vorteil der besseren Hygienefähigkeit und Reparatur durch erleichterte Abnahme der Suprastruktur (Shadid & Sadaqa, 2012), wohingegen provisorisch zementierte Implantatkronen im ästhetischen Bereich lange Zeit als vorteilhafter angesehen wurden, da hier für Implantate bei denen die Angulation nicht ideal ist die Relation zwischen Krone und Implantat korrigiert werden kann (Hebel & Gajjar, 1997).

Durch die Einführung gewinkelter Implantataufbauten kann heutzutage auch bei verschraubten Konstruktionen eine gewisse Diskrepanz zwischen Krone und Implantat ausgeglichen werden (Gurpinar, Yalcin-Ülker et al., 2020).

Einen Nachteil zementierter Versorgungen stellt der mögliche Verbleib von residualem Zement im Sulcus dar, da es durch die Oberflächenrauigkeit des Zements zur Ansammlung von Plaque und infolgedessen zur Perimukositis beziehungsweise Periimplantitis kommen kann (Lee, Huang et al., 2017).

Abnehmbare Konstruktionen werden vorrangig bei teil- und unbezahnten Patient\*innen eingesetzt. Dazu gehören Stegprothesen (siehe Abbildung 5), bei denen die Implantate durch die Stegkonstruktion dauerhaft verblockt sind, sowie teleskop-, kugelpfanker-, locator- und magnetretinierte Prothesen, bei denen die Verblockung über die Deckprothese erfolgt (Strub, Kern et al., 2011).



**Abbildung 4: Verschraubte Einzelzahnkronen auf Implantaten regio 36,46 (Eigene Darstellung)**



Abbildung 5: Implantatgetragener Doldersteg im Unterkiefer (eigene Darstellung)

## **1.3 Mögliche Komplikationen**

### **1.3.1 Risikofaktoren**

Bestimmte Erkrankungen und Verhaltensweisen können zu Komplikationen der Implantatversorgung beitragen. Verhaltensbedingte Faktoren wären beispielsweise Rauchen und insuffiziente Mundhygiene (Naseri, Yaghini et al., 2020). Zu den allgemeinmedizinischen Risikofaktoren zählen bestimmte Erkrankungen wie Diabetes Mellitus, Knochenstoffwechselstörungen, Craniomandibuläre Dysfunktion (CMD) oder Tumorerkrankungen (Chen, Liu et al., 2013; French, Grandin et al., 2019).

Zigarettenkonsum gilt als maßgeblicher Risikofaktor, da es durch das im Tabakrauch enthaltene Nikotin zu einer Verengung der Blutgefäße kommen kann (Gutwald, Gellrich et al., 2019). Durch die verminderte Durchblutung kann das Rauchen eine maskierende Wirkung auf Entzündungssymptome der Gingiva ausüben, weshalb bei rauchenden Patient\*innen der falsche Eindruck einer gesunden Gingiva vermittelt werden kann (Travis, Pike et al., 1994). Rauchen erhöht außerdem die Expression von entzündungsfördernden Zytokinen wie Interleukin-1, was zu einer erhöhten Gewebeschädigung und der Resorption des Alveolarknochens beitragen kann (Bergstrom & Preber, 1994).

Verschiedene Studien zeigen, dass es bei Nikotinkonsum sowohl postoperativ vermehrt zu Wundheilungsstörungen kommen kann (Kwiatkowski, Hanley Jr et al., 1996; Scolaro, Schenker et al., 2014), als auch häufiger im weiteren Verlauf zu Komplikationen wie Perimukositis, Periimplantitis und vermehrtem periimplantärem Knochenverlust (Lin, Chen et al., 2012; Sayardoust, Gröndahi et al., 2013). Insgesamt wird die Implantat-Verlustrate bei Raucher\*innen als signifikant höher angesehen, als bei Nichtraucher\*innen (Alfadda, 2018; Moraschini & Barboza, 2016; Mustapha, Salame et al., 2021; Naseri, Yaghini et al., 2020).

Auch bei Diabetes mellitus treten vermehrt Wundheilungsstörungen auf, welche unter anderem durch eine gestörte Produktion von Wachstumsfaktoren und verspäteter Infiltration von Entzündungszellen bedingt sein können (Galkowska, Wojewodzka et al., 2006; Ochoa, Torres et al., 2007). Bei Patient\*innen, die unter Diabetes mellitus leiden kommt es außerdem häufiger zu Wundinfektionen, da das Immunsystem aufgrund von Mikroangiopathien geschwächt ist (Neukamm, Wichmann et al., 2007). Bei einer genauen Überwachung und guten Einstellung des Blutzuckerspiegels sowie der regelmäßigen Kontrolle des HbA1c-Wertes kann die Implantattherapie bei Diabetiker\*innen aber als geeignete Möglichkeit der Versorgung zahnloser Abschnitte angesehen werden (Naujokat, Kunzendorf et al., 2016).

Ein aktives Tumorgeschehen im Kopf-Hals-Bereich, welches mit Radiatio therapiert wird gilt als weiterer Risikofaktor für eine Implantation. Durch herabgesetzte Abwehrmechanismen sowie gehemmte Hämatopoese können bei diesen Patient\*innen Wundheilungsstörungen auftreten (Dholam & Gurav, 2012). Innerhalb der ersten sechs Monate nach Bestrahlung kommt es zu verminderter Vaskularisierung und vermehrter Fibrosierung der Gewebe und es kann auch zu einem späteren Zeitpunkt eine spontane Osteoradionekrose auftreten (Marx & Johnson, 1987). Als weitere Nebenwirkungen der Radiatio sind Xerostomie, Mukositis, Strahlenkaries, Trismus und Geschmacksverlust zu nennen (Vissink, Burlage et al., 2003). Es besteht die Empfehlung dass für eine Implantation sechs bis zwölf Monate nach der letzten Bestrahlung gewartet werden sollte, um frühe und verzögerte Strahlenfolgen, insbesondere an den enoralen Weichgeweben zu vermindern (Dholam & Gurav, 2012; Grötz & Schmidt, 2013; Werkmeister, Szulczewski et al., 1999).

Auch Knochenstoffwechselstörungen wie Osteoporose stellen ein erhöhtes Risiko dar. Osteoporose ist eine Erkrankung welche durch geringe Knochendichte charakterisiert ist, die durch Ungleichgewicht im Bone Remodeling entsteht (Siebert, Jurkovic et al., 2015).

Ein direkter Zusammenhang zwischen erhöhten Implantatverlusten und Osteoporose konnte nicht festgestellt werden, allerdings gibt es Hinweise darauf, dass Implantate, welche in Knochen von geringerer Dichte (Klasse 4 nach Lekholm und Zarb) inseriert werden, ein höheres Risiko an Komplikationen aufweisen können (Goiato, dos Santos et al., 2014; Jaffin & Berman, 1991). Als Therapiemittel der Osteoporose werden unter anderem Antiresorptiva eingesetzt, welche auch bei weiteren Erkrankungen, wie Morbus Paget, Hyperkalzämie und bösartigen Erkrankungen wie multiplen Myelomen sowie Knochenmetastasen bei Prostata-, Lungen- und Brustkrebs zum Einsatz kommen (Madrid & Sanz, 2009; Shabestari, Shayesteh et al., 2010). Eine schwerwiegende Nebenwirkung dieser Medikamente stellt die Antiresorptiva-assoziierte Kiefernekrose (AR-ONJ) dar (Ruggiero, Dodson et al., 2014). Die Erfolgsprognose einer Implantation scheint sich nicht wesentlich von Kollektiven ohne Gabe von Antiresorptiva zu unterscheiden, allerdings ist eine enge Indikationsstellung sowie genaue interdisziplinäre Behandlungsplanung erforderlich und es sollte auf einzelne mögliche schwerwiegende Komplikationen hingewiesen werden (Jacobsen, Metzler et al., 2013; Tam, Kar et al., 2014; Walter, Sagheb et al., 2014).

Auch durch Craniomandibuläre Dysfunktionen (CMD) kann es zu Komplikationen mit der Implantatversorgung kommen. Der Begriff CMD umfasst Schmerzen und/oder Dysfunktionen der Kaumuskulatur und/oder der Kiefergelenke, welche fakultativ mit Funktionsstörungen der Okklusion einhergehen können (Hugger, Lange et al., 2016). Vor allem der Bruxismus gilt als lokaler Risikofaktor für eine Implantatversorgung. Bruxismus ist eine parafunktionelle Angewohnheit, die sich durch Knirschen oder Pressen der Zahnreihen aufeinander äußert, was zur Überbelastung der Kaumuskulatur führen und temporomandibuläre Probleme hervorrufen kann (Lobbezoo, Ahlberg et al., 2018).

Durch diese Überbelastung kann es zum gesteigerten periimplantären Knochenabbau sowie zu Problemen mit der prothetischen Versorgung, wie zum Beispiel dem Abplatzen der Keramik bei keramikverblendeten Aufbauten, Schraubenfrakturen, Implantatfrakturen und Dezementierung der prothetischen Versorgung kommen (Chitumalla, Halini Kumari et al., 2018; Yu & Kim, 2020).

Die Anwesenheit eines oder mehrerer der genannten Risikofaktoren kann neben anderen Faktoren ein Grund für das Auftreten von biologischen und/oder technischen Komplikationen sein.

### 1.3.2 Biologische Komplikationen

Perimukositis und Periimplantitis stellen die häufigsten biologischen Komplikationen dar und entstehen nach dem gleichen Muster wie eine Gingivitis beziehungsweise Parodontitis am natürlichen Zahn.

Durch Plaqueakkumulation im Bereich des Gingivasaums kann es zu einer Entzündungsreaktion mit Zunahme der Vaskularisierung im Bindegewebe kommen sowie zur Bildung entzündlichen Zellinfiltrats (Zitzmann, Walter et al., 2006). Klinisch zeigt sich die Perimukositis durch Blutung auf Sondierung und durch Anwesenheit weiterer Entzündungszeichen wie Rötung und Schwellung. Sie ist als reversibler, entzündlicher Zustand ohne Attachment- oder Knochenverlust definiert (Berglundh, Armitage et al., 2018).

Durch individuelle Faktoren wie der Präsenz parodontopathogener Keime, bei denen als wichtigste Vertreter die Bakterien *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*, *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia*, *Treponema denticola* und *Prevotella intermedia* zu nennen sind, sowie durch Kofaktoren wie den zuvor genannten Erkrankungen und Verhaltensweisen kann der entzündliche Prozess vorangetrieben und die Perimukositis in eine Periimplantitis übergehen (Zitzmann, Walter et al., 2006). Klinische Zeichen der Periimplantitis beinhalten eine erhöhte Sondierungstiefe um das Implantat, Blutung auf Sondierung und/oder Pusaustritt und fakultativ die Rezession der marginalen Gingiva. Zusätzlich kann röntgenologisch der Abbau des periimplantären Knochens festgestellt werden (Berglundh, Armitage et al., 2018). Bleibt die Periimplantitis unbehandelt kann es zu einem signifikanten Knochenrückgang und dadurch zur Mobilität bis zum Verlust des Implantates kommen (Misch & Resnik, 2018).

Einen weiteren Risikofaktor stellen eine mangelnde Knochenhöhe und/oder –breite dar. Durch den fehlenden physiologischen Reiz durch Zahnbewegung und die durch das Kauen auftretenden Spannkraften wird der Alveolarknochen durch osteoklastische Aktivität vertikal und horizontal reduziert (Tallgren, 2003). Aus dem initial horizontalem Abbau resultiert oft ein schmaler, scharfer Alveolarfortsatz, der durch seine geringe horizontale Dimension sekundär einem raschen vertikalen Abbau unterliegt. Der horizontale Breitenverlust beginnt in der Regel im Bereich der vestibulären Alveolarwände und endet im Extremfall bei vertikalem Höhenverlust im Unterkiefer mit einem sogenannten negativen Unterkiefer-Alveolarfortsatz mit teilweise direkt unter der Schleimhaut liegendem Nervus alveolaris inferior (Hausamen & Schliehake, 2000; Lambrecht, 2008).

Insertionen von Implantaten bei horizontalen Knochendefekten werden insgesamt als erfolgreicher beschrieben als jene bei vertikalen Defekten, wobei ab einer Knochenhöhe von 5mm eine simultane Augmentation notwendig ist. Bei größeren Defekten wird eine präimplantologische Augmentation empfohlen (Gutwald, Gellrich et al., 2019).

### **1.3.3 Technische Komplikationen**

Als technische Komplikationen werden unter anderem Steg- und Gerüstfraktur, Abutmentfraktur, Abutmentschraubenfraktur, Dezementierung der prothetischen Versorgung, Implantatfraktur, Schraubenlockerung sowie das Abplatzen von Keramik, sogenanntes Chipping, bezeichnet.

Verschiedene Studien zeigen, dass die Lockerung der Abutmentschraube und der Verlust des Kunststoffes, der den Schraubenkanal bei verschraubten Restaurationen bedeckt, zu den häufigsten Komplikationen zählen. Außerdem tritt bei herausnehmbarem Zahnersatz häufig eine Aktivierungsnotwendigkeit der Verankerungselemente auf. Auch das Dezementieren der Suprastruktur sowie ein Abplatzen von Keramik gelten als häufige Komplikationen. Selten zu beobachten sind die Fraktur von Gerüst, Implantat oder Abutment. (Calderon, Dantas et al., 2014; Ferreira, Nogueira et al., 2021; Jung, Pjetursson et al., 2008).

Ursachen für technische Komplikationen liegen in der mechanischen Über- oder Fehlbelastung beziehungsweise in Ermüdungserscheinungen des Materials. Dies kann einerseits durch die oben genannten Risikofaktoren begünstigt werden, andererseits sind auch Anzahl, ungünstige Verteilung der Implantate sowie technische Fehler, wie eine ungenaue Passung der Suprakonstruktion, die falsche Dimensionierung oder eine fehlerhafte Zementierung des Implantates, für das Auftreten von Komplikationen entscheidend (Renouard & Rangert, 2000).

Prävention kann hier durch die richtige Indikationsstellung und Planung geleistet werden. Ein ideales prothetisches Design ist unerlässlich, auf Cantileveranhänger sollte verzichtet werden und Laterotrusionskontakte sollten entfernt werden. Auch ein ausreichender Implantatdurchmesser vermindert die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von technischen Komplikationen (Misch & Resnik, 2018).

In dieser Diplomarbeit sollen die an der Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Zahnersatzkunde der Univ.-Klinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Graz inserierten Implantate im primären Hinblick auf die Überlebensrate sowie den marginalen Knochenverlust und sekundär auf biologische und technische Komplikationen sowie die subjektive Patient\*innenzufriedenheit analysiert werden.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Patient\*innenkollektiv**

Das Patient\*innenkollektiv umfasst 100 Personen, welche im Zeitraum zwischen 2014 und 2019 ein oder mehrere Implantate im Unterkiefer von Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni an der Klinischen Abteilung für Zahnerhaltung, Parodontologie und Zahnersatzkunde an der Univ. Klinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits Graz mit darauffolgender prothetischer Suprakonstruktion erhalten haben. Implantate, die bei diesen Patient\*innen bereits vor 2014 von Univ.-Prof. Dr. Martin Lorenzoni inseriert wurden, wurden ebenfalls in die Evaluierung miteinbezogen. Insgesamt wurden 280 Implantate untersucht.

Verwendet wurden die Implantatsysteme Ankylos ImplantSystem®, AstraTech ImplantSystem®, AstraTech Profile ImplantSystem®, Frialit-2®, IMZ TwinPlus®, Xive® (alle Dentsply Sirona GmbH, Bensheim, Deutschland), Brånemark System®, NobelActive®, NobelReplace®, SteriOss® (alle Nobel Biocare AG, Zürich, Schweiz), Camlog System® (CAMLOG VertriebsGmbH, Wimsheim, Deutschland), Biomet 3i® (Zimmer Dental GmbH, München, Deutschland), Straumann® (Straumann Holding AG, Basel, Schweiz) und Thommen® (Thommen Medical AG, Grenchen, Schweiz).

Es wurden weibliche und männliche Proband\*innen im Alter von 18-99 Jahren eingeschlossen, welche auf freiwilliger Basis die schriftliche Einwilligung erteilt haben an der Studie teilzunehmen. Die Patient\*innen wurden im Rahmen einer regulären Implantatnachsorge zu einem Kontrolltermin eingeladen und untersucht.

Als Ausschlusskriterien wurden dabei das Vorliegen einer Schwangerschaft oder das Ablehnen der Studienteilnahme definiert. Für die Studienteilnehmer\*innen kam es durch die Teilnahme zu keiner Zunahme gesundheitlicher Risiken oder zusätzlicher finanzieller Belastung.

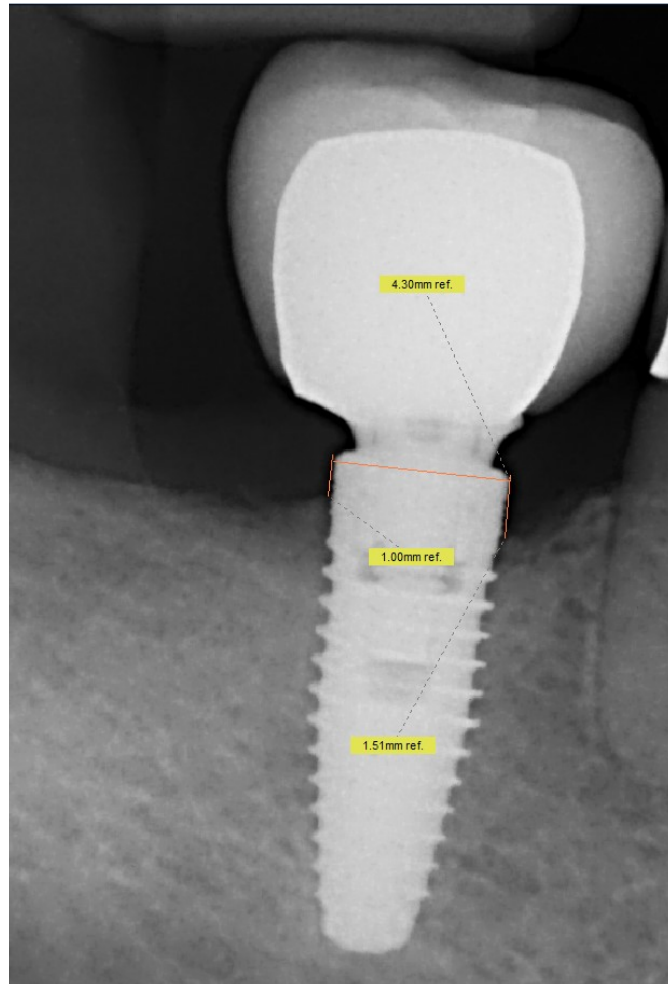
Die Studie wurde nach der aktuellen Version der Declaration of Helsinki (ICH-GCP Guidelines 2019) und den internationalen Standards der Good Clinical Practice durchgeführt.

Vor Beginn der Recherche personenbezogener Daten wurde ein Votum der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz eingeholt (EK-Nr.: 32-341 ex 19/20 „Clinical evaluation of patients with implant treatment and implant retained superstructure in mandible“).

## **2.2 Radiologische Untersuchungen**

Als primäre Zielgröße wurde der marginale Knochenverlust (marginal bone loss – MBL) festgelegt. Dieser wurde anhand von Messungen an intraoralen Kleinbildern mit CE-zertifizierten Röntgengeräten (Sirona Orthophoss XG 3D bzw. HeliodontPlus, beide Dentsply Sirona®, Bensheim, Deutschland) ermittelt, welche direkt nach der Implantation, sowie am Kontrolltermin in Rechtwinkeltechnik angefertigt wurden. Die Messungen erfolgten im Röntgenprogramm Sidexis XG 2.63 (2016) der Firma Dentsply Sirona®. Als Referenzlänge wurde der Implantatdurchmesser festgelegt, wodurch die weiteren Messungen referenziert werden konnten. Es wurde von der Implantatschulter zum krestalen Knochniveau mesial und distal am Implantat zum Implantationszeitpunkt und zum Zeitpunkt des Kontrolltermins gemessen. Pro Implantat und Untersuchungszeitpunkt wurde ein Wert, welcher als arithmetisches Mittel aus den mesialen und distalen Messungen berechnet wurde, dokumentiert (siehe Abbildung 6). Um die Resorption des Knochens zu ermitteln, wurde die Differenz der Messungen des Knochniveaus direkt postoperativ und am Kontrolltermin errechnet. Ein negativer Wert bei der Messung impliziert, dass das marginale Knochniveau unterhalb der Implantatschulter liegt. Ein negativer Wert bei der Resorption entspricht einem Rückgang des periimplantären Knochens. Falls auf einem Bild zwei krestale Knochenkonturen zu erkennen waren, wurde die Distanz zwischen den beiden Knochenrändern gemittelt und dieser Punkt als Referenz für den krestalen Knochenrand verwendet. Bei unklaren Situationen wurde ein/eine zweite\*r Untersucher\*in hinzugezogen und die Messung erfolgte im Konsens.

Des Weiteren wurden zur Dokumentation intraorale Fotografien der Versorgungen mit der Kamera D750 der Firma Nikon® (Chiyoda, Japan) mit manueller Belichtungssteuerung (Brennweite 125mm; Fokus 25mm) und der Blitzeinstellung Multimodus (1/4 Leistung/1 Hertz) angefertigt.



**Abbildung 6: Beispiel einer Röntgenvermessung zur Ermittlung des periimplantären Knochenniveaus (Eigene Darstellung)**

## **2.3 Klinische Untersuchungen**

Als sekundäre Zielgrößen wurden Sondierungsstatus, Bleeding on Probing (BOP) und Plaque Index nach O'Leary (PI) festgelegt sowie der Phänotyp der Gingiva bestimmt (dick, normal, dünn). Des Weiteren wurde die Art der prothetischen Versorgung als Einzelzahnkrone, Brücke, Stegversorgung, Locator oder Teleskop evaluiert sowie die Verankerung des Implantates in verschraubt oder zementiert subklassifiziert.

Biologische und technische Komplikationen wurden wie folgt unterteilt:

### Technische Komplikationen:

- Abutmentfraktur
- Abutmentschraubenfraktur
- Chipping
- Dezementierung
- Implantatfraktur
- Schraubenlockerung
- Steg/Gerüstfraktur
- Verlust der Compositfüllung bei verschraubten Implantaten

### Biologische Komplikationen:

- Aphten
- Erhöhte Sensibilität
- Erhöhte Implantatmobilität
- Periimplantäre Infektionen
- Pus
- Schmerzen
- BOP

### **2.3.1 Sondierungsstatus**

Für die Messung der Sondierungstiefe (ST) wurde die Florida-Probe® (Gainesville, USA) verwendet. Das System besteht aus einem Sondierungshandstück, dessen Sondenspitze einen Durchmesser von 0,46mm besitzt, einem Fußhebel, einem Adapter und der Software. Die Skalierung der Sonde ist zur visuellen Unterstützung farblich in 3 mm Schritte unterteilt.

Die Sonde wurde mit einem konstanten Druck von etwa 20 pond an 6 Stellen pro Implantat (mesiobukkal, bukkal, distobukkal, mesiolingual, lingual, distolingual) achsengerecht in den Sulcus eingebracht, die Distanz vom Taschenfundus bis zum Gingivalrand anhand der Skalierung auf der Sonde in Millimetern abgemessen und der Wert durch die Betätigung des Fußhebels in das System eingetragen. Als parodontal gesund können Patient\*innen ohne Entzündungszeichen und mit Sondierungstiefen von weniger als 3,5mm angesehen werden (Haas & Wimmer, 2008).

### **2.3.2 Blutung auf Sondierung (BOP)**

Bei der Untersuchung der Studienteilnehmer\*innen wurde im Zuge der Messung der Sondierungstiefen die Blutung miterfasst und bei positiver Blutung an der jeweiligen Messstelle in die Florida-Probe® eingetragen (siehe Abbildung 7).

Der BOP-Index wird in Prozent angegeben. Der Prozentsatz wird durch die Anzahl der positiven Messstellen x100, dividiert durch die Gesamtzahl der Messstellen berechnet (Haas & Wimmer, 2008).

### **2.3.3 Plaque Index (PI) nach O'Leary**

Zur Untersuchung des Mundhygienestatus der Patient\*innen wurden die Zähne mittels der Anfärbelösung Mira-2-Ton® (Hager & Werken, Duisburg, Deutschland) angefärbt. Nach dem Ausspülen werden die mit Biofilm belegten Stellen sichtbar. Die Plaqueakkumulation wurde an 4 Stellen pro Implantat (mesial, bukkal, distal, lingual) dichotom (ja/nein) gemessen und die positiven Messstellen in die Florida-Probe® eingetragen.

Der Plaque Index nach O’Leary wird in Prozent angegeben und durch die Gesamtzahl der positiven Messstellen x100, dividiert durch die Gesamtanzahl der Messstellen berechnet. Er sollte nicht über 30% liegen, um die entzündungsfreie Situation des Zahnhalteapparats zu gewährleisten (Haas & Wimmer, 2008; O’Leary, Drake et al., 1972).

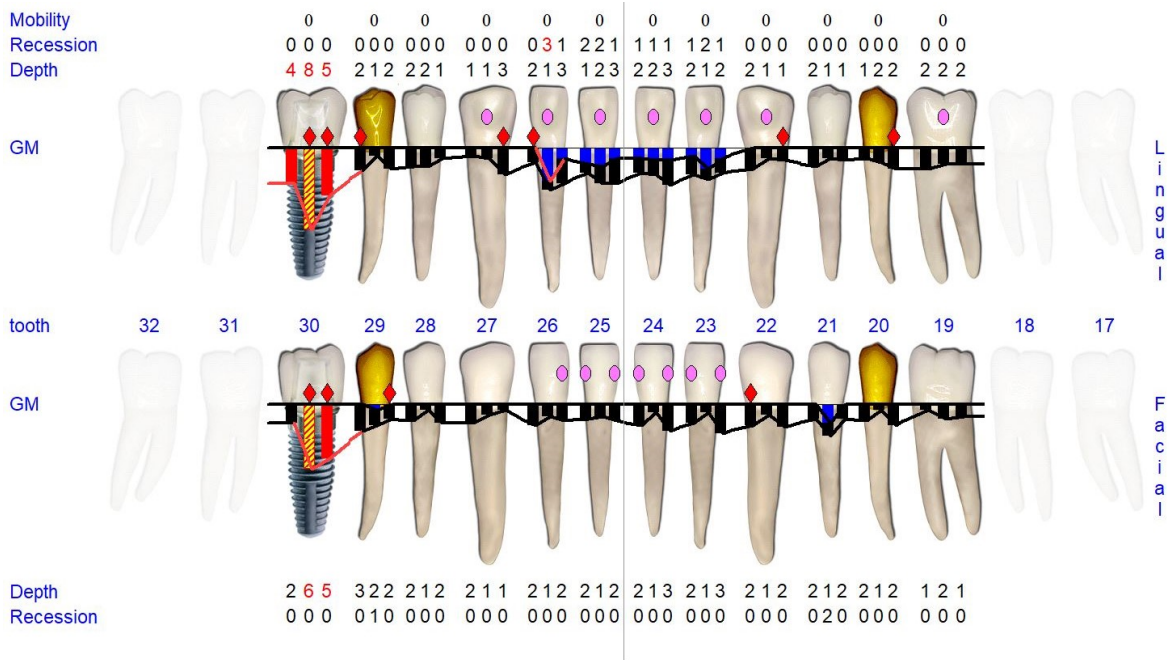


Abbildung 7: Fallbeispiel eines parodontalen Befundes (BOP,PI,ST) in der Florida-Probe® (Florida-Probe, 2022)

## 2.4 Fragebogenuntersuchung – subj. Patient\*innenzufriedenheit

Für die Erfassung der subjektiven Patient\*innenzufriedenheit wurden ein eigens für die Studie entwickelter Fragenbogen (siehe Anhang 6.1) sowie der OHIP-G14 (siehe Anhang 6.2) verwendet, welche die Studienteilnehmer\*innen im Rahmen ihres Kontrolltermins selbstständig ausgefüllt haben.

Der OHIP-G14 (John, Miglioretti et al., 2006; Slade & Spencer, 1994) wird für die Erfassung der mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität bei Erwachsenen verwendet. Der für diese Studie entwickelte Fragebogen umfasst unter anderem Fragen zur präprothetischen Situation, der Art der implantatgetragenen Versorgung, dem Kontrollintervall und dem Auftreten von Problemen mit der implantatgetragenen Versorgung.

Des Weiteren wurden Fragen zur Zufriedenheit vor und nach der implantatprothetischen Versorgung, der Reinigungsmöglichkeit, der Zufriedenheit mit der periimplantären Weichgewebssituation, der Natürlichkeit der implantatgetragenen prothetischen Versorgung, zum Vorhandensein von Sprachschwierigkeiten und der Veränderung der allgemeinen Lebensqualität durch die prothetische Versorgung gestellt.

## **2.5 Statistische Auswertung**

Die statistische Auswertung erfolgte deskriptiv und explorativ mit Hilfe der Statistiksoftware SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, Version 26, IBM, Armonk, USA) und Microsoft Excel (Microsoft Office Professional Plus 2016, Microsoft, Redmond USA). Grafiken wurden ebenfalls mit Hilfe dieser Programme erstellt. Die Implantate wurden nach ihrer Verweildauer in drei Gruppen eingeteilt: Short Term <5 Jahre, Mid-Term 5-10 Jahre und Long-Term >10 Jahre Liegedauer. Die Implantatüberlebensrate wurde mit der Schätzfunktion nach Kaplan-Meier berechnet. Statistische Tests umfassten den Pearson-Korrelationskoeffizienten, den Spearman-Korrelationskoeffizienten, die Varianzanalyse und den T-Test für unabhängige Stichproben. Alle statistischen Berechnungen wurden mit einem Signifikanzniveau von 5% durchgeführt ( $p \leq 0,05$ ). Außerdem erfolgten Berechnungen des Medians sowie des Maximal- (max) und Minimalwertes (min).

Die Ergebnisse wurden im arithmetischen Mittel  $\pm$  Standardabweichung (SD) festgehalten. Aufgrund der geringen Fallzahl der Adverse Events erwies sich die Durchführung statistischer Tests in diesem Zusammenhang als nicht sinnvoll.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Liegedauer und Überlebensrate

Die durchschnittliche Liegedauer der Implantate betrug 6,9 Jahre (SD  $\pm 5,8$  Jahre) und erstreckte sich von minimal 9 Monaten bis hin zu maximal 27 Jahren.

Wie in Abbildung 8 ersichtlich, kam es bei 2 Patient\*innen zu einem Implantatverlust, was einer Überlebensrate von 98,8% entspricht. Die Implantate gingen jeweils nach 3 bzw. 5 Jahren verloren. Als Grund wurde bei einem Implantat eine erhöhte Implantatmobilität angegeben (Verlust nach 5 Jahren). Der Grund für den Verlust des zweiten Implantates war eine Periimplantitis, welche mit einer Sondierungstiefe von 9mm, einer Fistel, Pusentleerung und starken Schmerzen im Bereich des Implantates einherging (Verlust nach 3 Jahren).

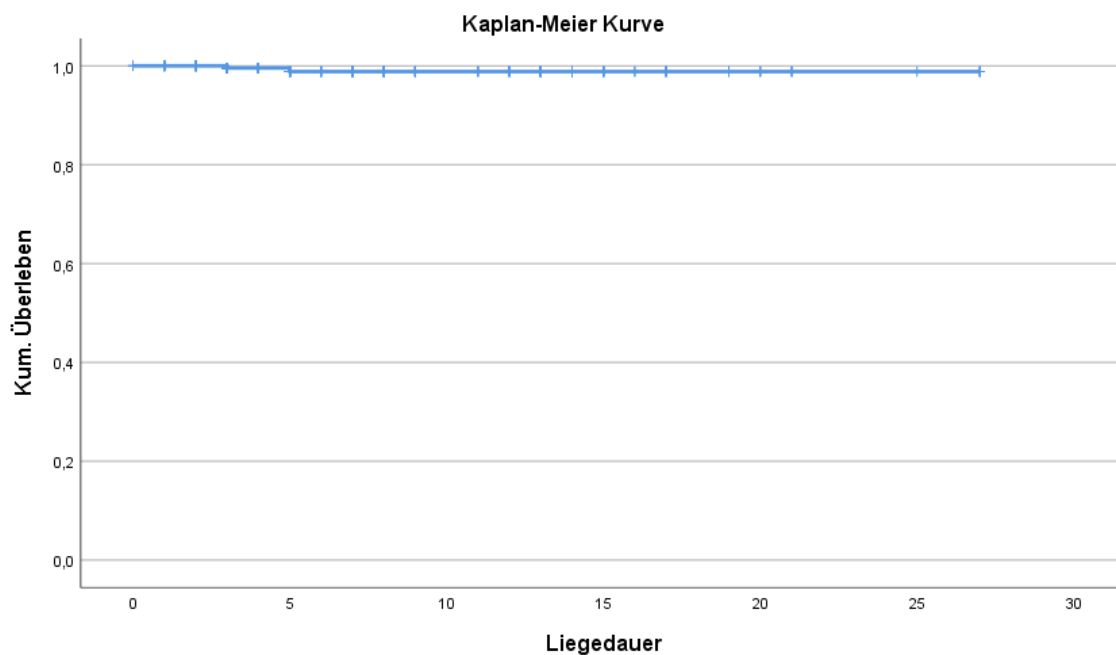


Abbildung 8: Kurve nach Kaplan-Meier bezüglich der Gesamtüberlebensrate der Implantate (Mischak, 2022)

142 Implantate befanden sich zum Kontrollzeitpunkt weniger als 5 Jahre in situ, 73 der untersuchten Implantate wurden vor 5 bis 10 Jahren inseriert und 65 Implantate wurden vor mehr als 10 Jahren inseriert (siehe Tabelle 2).

Liegedauer	Anzahl	Prozentsatz
<5 Jahre	142	50,7%
5-10 Jahre	73	26,0%
>10 Jahre	65	23,3%
gesamt	280	100%

Tabelle 2: Liegedauer der inserierten Implantate (Mischak, 2022)

### 3.2 Alter- und Geschlechtsverteilung

Das durchschnittliche Patient\*innenalter betrug 64,7 Jahre (SD  $\pm$  11,8 Jahre).

Das Alter erstreckte sich von 28 bis 89 Jahren. Insgesamt nahmen 46 Männer und 54 Frauen (m 46%, w 54%) an der Studie teil (siehe Tabelle 3).

Geschl.	Anz	%	Alter			
			Min	Max	Mittelw.	Standardabw.
m	46	46	42	89	66,5	11,6
w	54	54	28	83	63,3	11,9
gesamt	100	100	28	89	64,7	11,8

Tabelle 3: Alter- und Geschlechterverteilung (Mischak, 2022)

### 3.3 Implantatsystem, Länge, Durchmesser und Implantatposition

Von den 280 inserierten Implantaten waren zu 272 Daten zu den verwendeten Implantatsystemen vorhanden. Es wurden 11 verschiedene Implantatsysteme verwendet. Das meistverwendete System war XIVE® (Dentsply Sirona GmbH, Bensheim, Deutschland), mit einer Anzahl von 120 Implantaten, was einem Prozentsatz von 44,1% entspricht.

Am zweithäufigsten wurde AstraTech® (ebenfalls Dentsply Sirona GmbH, Bensheim, Deutschland) mit 48 (17,6%) verwendet, gefolgt von NobelReplace® (Nobel Biocare AG, Zürich, Schweiz) mit 37 (13,6%) Implantaten. Alle weiteren Systeme traten mit einer Häufigkeit von weniger als 10% auf (siehe Abbildung 9).

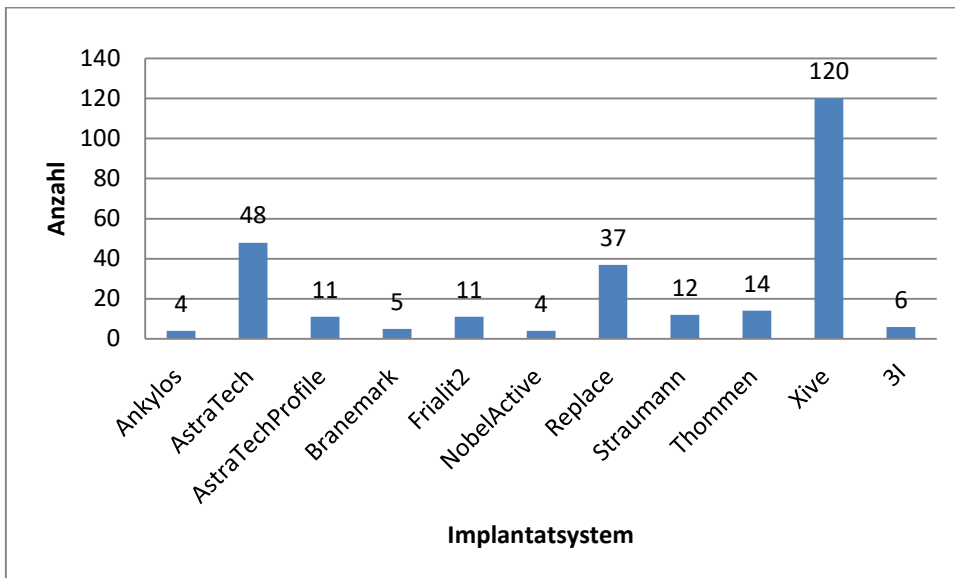


Abbildung 9: Häufigkeit der verwendeten Implantatsysteme (Eigene Darstellung)

Daten zu den verwendeten Implantatlängen waren bei 277 Implantaten vorhanden und erstreckten sich von 6mm bis 18mm. Am häufigsten wurden Implantate mit einer Länge von 13mm (46,5%) inseriert (siehe Abbildung 10).

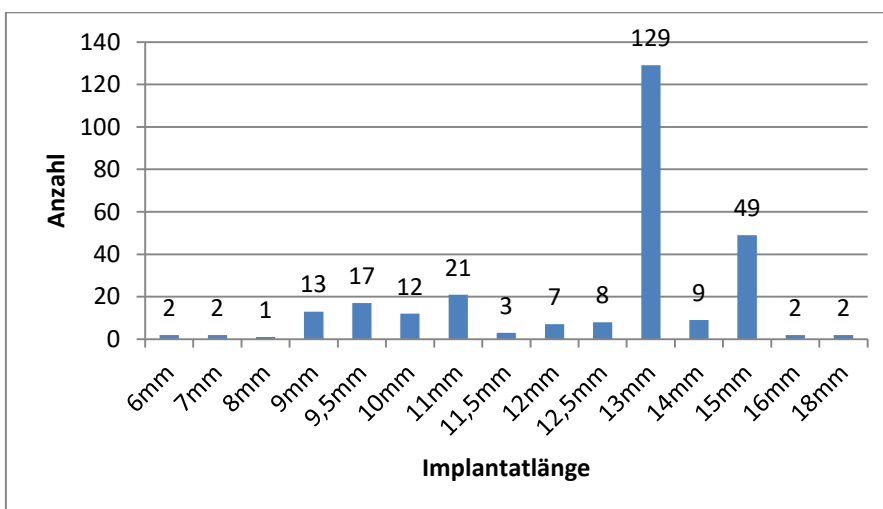


Abbildung 10: Verwendete Implantatlängen (Eigene Darstellung)

Der Implantatdurchmesser wurde bei insgesamt 277 Implantaten erfasst. Die verwendeten Durchmesser variierten von 3,0mm bis 5,5mm. Bei 71 Implantaten wurde ein Durchmesser von 3,8mm verwendet (25,6%). In 20,9% der Fälle (n=58) wurde ein Durchmesser von 4,5mm verwendet (siehe Abbildung 11).

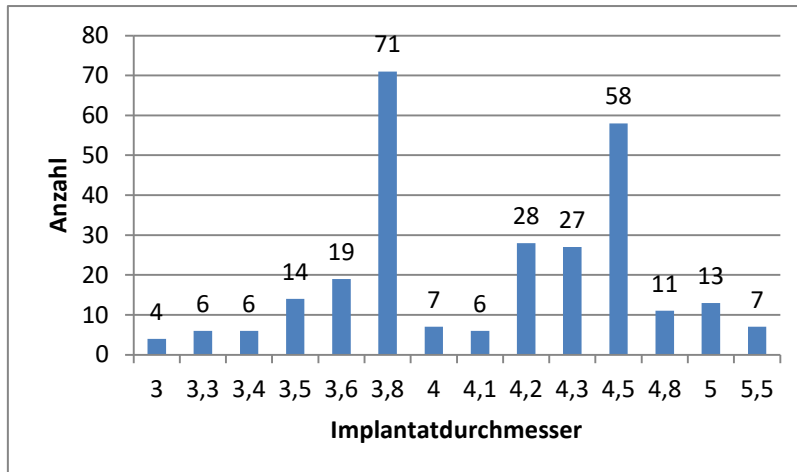


Abbildung 11: Implantatdurchmesser (Eigene Darstellung)

Die Implantatpositionen wurden ebenfalls in 277 Fällen dokumentiert und teilten sich in insgesamt 47 Implantate im Frontzahnbereich (Zahnpositionen 33 bis 43) und 233 Implantate im Seitenzahnbereich (jeweils 34 bis 37 bzw. 43 bis 47) auf. Am häufigsten wurde in regio 36 mit einer Anzahl von 58 Implantaten implantiert, gefolgt von regio 46 mit 47 Implantaten. Lediglich in regio 41 wurde kein Implantat inseriert (siehe Abbildung 12). Bei 36 Patient\*innen zeigte sich kein ausreichendes Knochenlager, sodass ein Knochenaufbau mittels simultaner Guided Bone Regeneration (GBR) vorgenommen wurde. Die Resorption präsentierte sich bei diesen Patient\*innen mit -0,26mm (SD ±1,84) etwas geringer als ohne Augmentation (-0,44mm; SD ±1,37) und die Überlebensrate lag hier bei 100%.

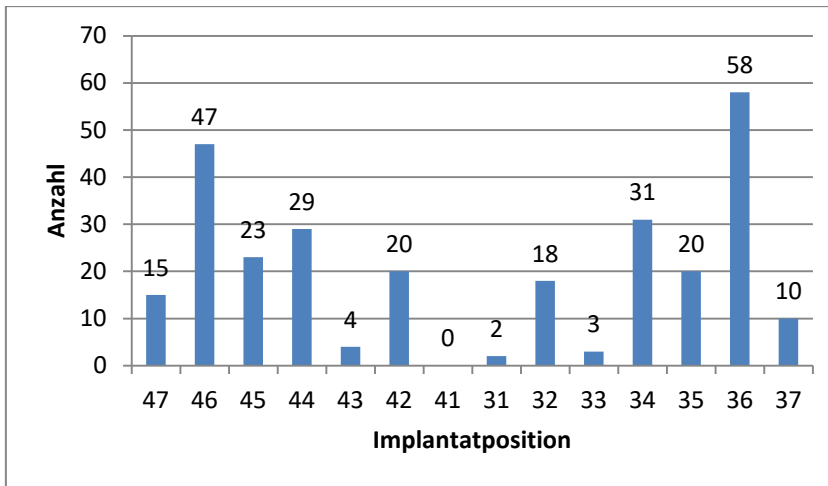


Abbildung 12: Implantatpositionen (Eigene Darstellung)

### 3.4 Prothetische Versorgung

Bei 95 Patient\*innen wurde die Art der prothetischen Versorgung erfasst. Am häufigsten wurden Versorgungen mit Einzelzahnkronen mit 57,90% (n=55) angefertigt, teilweise auch in Kombination mit verblockten Kronen und Brückenversorgungen. Als häufigste abnehmbare Versorgung wurde die Stegprothese mit 10,53% (n=10) angefertigt (siehe Tabelle 4).

Prothetische Versorgung	Anz	%
Einzelzahnkrone	55	57,90
Einzelzahnkrone+Verblockte Kronen	11	11,58
Einzelzahnkrone+Brückenversorgung	1	1,05
Verblockte Kronen	5	5,26
Verblockte Kronen+Brückenversorgung	1	1,05
Brückenversorgung	6	6,32
Teleskopversorgung	5	5,26
Stegprothese	10	10,53
Einzelzahnkrone+Verblockte Kronen+Brückenvers.	1	1,05

Tabelle 4: Suprakonstruktionen (Eigene Darstellung)

Die Art der Befestigung wurde bei 279 Implantaten angegeben. Die festsitzenden Versorgungen wurden entweder verschraubt oder provisorisch zementiert, wobei die verschraubte Lösung häufiger zum Einsatz kam (n=143). Des Weiteren wurden die Befestigungsmöglichkeiten Steg und Druckknopf erfasst. Hierbei wurde die Befestigung jeweils pro Implantat erfasst (siehe Tabelle 5).

<b>Verschraubt/Zementiert</b>	Anz	%
verschraubt	143	51,3
zementiert	94	33,7
Steg	40	14,3
Druckknopf	2	0,7

**Tabelle 5: Befestigung der Suprakonstruktion (Eigene Darstellung)**

### **3.5 Marginales Knochenniveau und Resorption**

Es lagen zu 245 Implantaten Daten zur Resorption vor. Das Knochenniveau lag direkt postoperativ im arithmetischen Mittel bei -0,78mm (SD  $\pm$ 1,24). Am Kontrolltermin lag das durchschnittliche Knochenniveau bei -1,16mm (SD  $\pm$  1,26) was einer durchschnittlichen Resorption von -0,38mm (SD  $\pm$ 1,13) in allen Gruppen entspricht.

Die durchschnittliche jährliche Resorption wurde aus dem Quotienten der Gesamtresorption und der Liegedauer in Jahren berechnet und betrug -0,1mm pro Jahr (SD  $\pm$  0,39mm).

Beim Vergleich der Gruppen miteinander ergab sich sowohl ein signifikant niedrigeres postoperatives Knochenniveau ( $p < 0,001$ ), als auch ein signifikant niedrigeres periimplantäres Knochenniveau beim Kontrolltermin ( $p = 0,001$ ) bei der Long-Term- Gruppe.

Die größte Resorption kam in der Mid-Term-Gruppe mit -4,95mm (SD  $\pm$ 1,12) vor. Im Durchschnitt lag die Resorption in der Short-Term-Gruppe bei -0,57mm (SD  $\pm$ 1,04), bei der Mid-Term-Gruppe bei -0,41mm (SD  $\pm$ 1,12) und bei der Long-Term-Gruppe bei -0,01mm (SD  $\pm$ 1,24), was einer signifikant geringeren Resorption im Vergleich mit den anderen beiden Gruppen entspricht ( $p = 0,009$ ; siehe Tabelle 6; Abbildung 13).

	Liegedauer	N	Min(mm)	Max(mm)	Mittelw.	Standardabw.	Signifikanz p
<b>Knochenniveau PostOP(mm)</b>	<5 J.	126	-4,15	2,17	-0,39	1,18	p<0,001
	5-10 J.	64	-2,89	2,61	-0,42	1,08	
	>10 J.	55	-4,99	1,37	-1,53	1,47	
<b>Knochenniveau Kontrolle(mm)</b>	<5 J.	126	-6,59	1,61	-0,95	1,35	p=0,001
	5-10 J.	64	-3,31	1,48	-0,83	1,10	
	>10 J.	55	-5,24	1,25	-1,71	1,34	
<b>Resorption(mm)</b>	<5 J.	126	1,54	-4,06	-0,57	1,04	p=0,009
	5-10 J.	64	1,43	-4,95	-0,41	1,12	
	>10 J.	55	2,27	-3,63	-0,01	1,24	

Tabelle 6: Knochenniveau und Resorption (Eigene Darstellung)

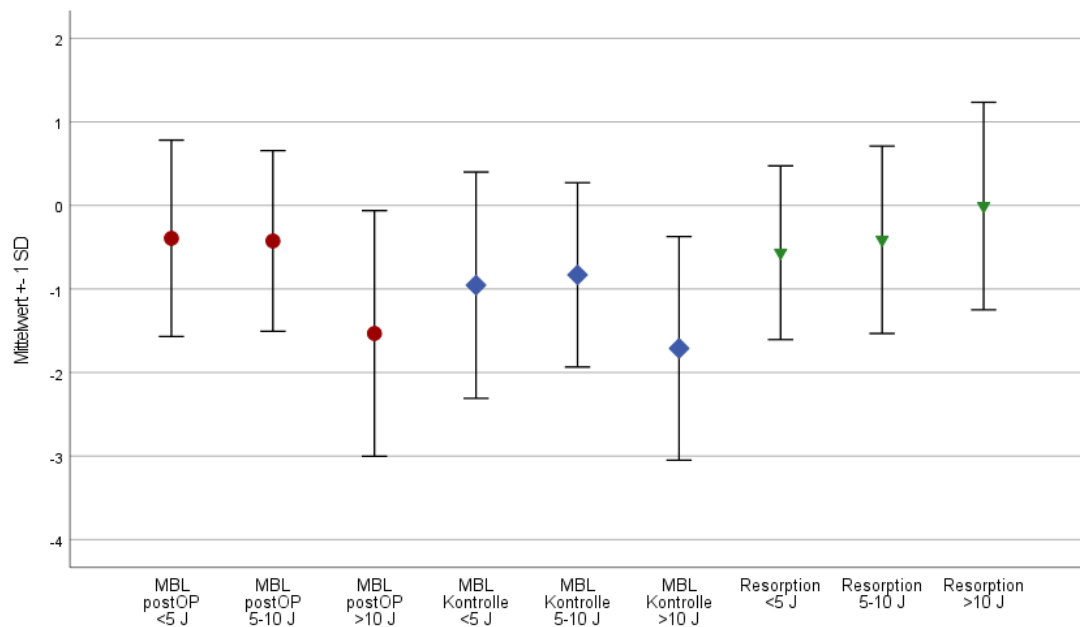


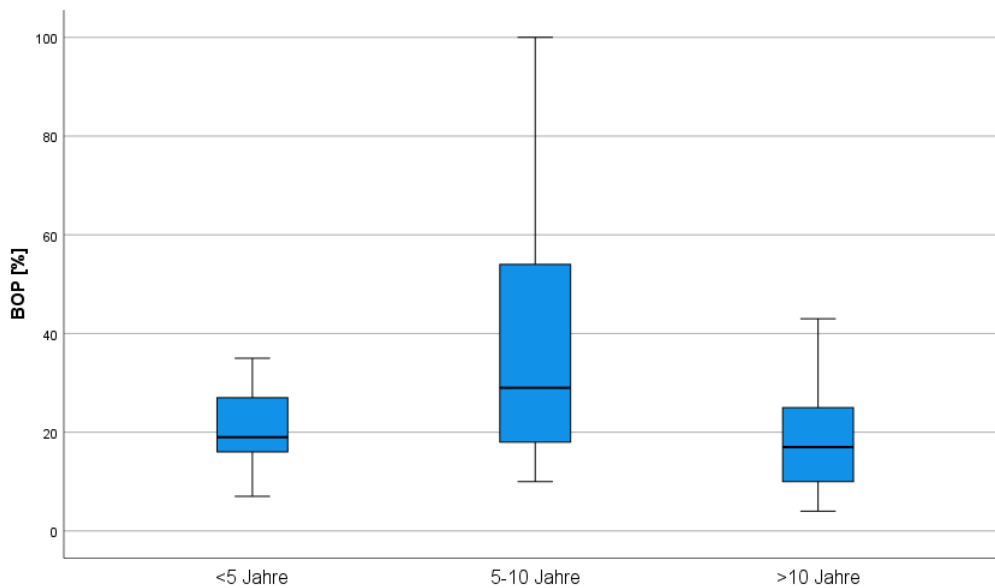
Abbildung 13: Diagramm zum Knochenniveau und zur Resorption (Mischak, 2022)

### 3.6 Klinische Untersuchungen

Für die klinischen Untersuchungen wurden BOP, PI und max. ST am Implantat erhoben. BOP wurde bei 92 und PI wurde bei 90 Patient\*innen erhoben und betrug im Mittel für BOP 19,79% (SD  $\pm$ 16,85) beziehungsweise für PI 41,42% (SD  $\pm$ 23,85). Der höchste BOP-Prozentsatz wurde in der Gruppe mit 5-10 Jahren Implantatliegedauer erfasst und betrug 100%. Im Mittel lag er bei dieser Gruppe bei 26,59% (SD  $\pm$ 23,21;  $p= 0,784$ ). Im Vergleich mit den anderen Gruppen stellt dies den höchsten Wert dar. In der Short-Term-Gruppe lag der durchschnittliche Wert bei 17,70% (SD  $\pm$ 12,96;  $p= 0,693$ ) und in der Long-Term-Gruppe bei 18,89% (SD  $\pm$ 13,36;  $p= 0,763$ ). Der niedrigste Wert wurde in der Short-Term-Gruppe gemessen und betrug 1% (siehe Tabelle 7: BOP nach Gruppen; Abbildung 14). Eine statistische Signifikanz bezüglich der Liegedauer und dem BOP konnte nicht nachgewiesen werden.

Bleeding on Probing (%)						
Liegedauer	Anz	Min	Max	Mittelw.	Standardabw.	Signifikanz p
<5 Jahre	46	1	71	17,70	12,96	0,693
5-10 Jahre	27	2	100	26,59	23,21	0,784
>10 Jahre	19	2	54	18,89	13,36	0,763
gesamt	92	1	100	19,79	16,85	

Tabelle 7: BOP nach Gruppen (Mischak, 2022)



**Abbildung 14: Boxplotdiagramm zum BOP (Eigene Darstellung)**

Der maximal gemessene PI betrug in jeder Gruppe 100%. In den Gruppen Short-Term und Mid-Term wurde jeweils ein minimaler PI von 0% erfasst, in der Long-Term-Gruppe betrug das Minimum 11%. Die durchschnittlichen Werte haben sich in den 3 Gruppen nur geringfügig unterschieden (Short-Term-Gruppe: 42,28%  $\pm$  22,75,  $p= 0,823$ ; Mid-Term-Gruppe: 43,12%  $\pm$  27,58,  $p= 0,571$ ; Long-Term-Gruppe 40,42%  $\pm$  23,92,  $p= 0,412$ ) (siehe Tabelle 8; Abbildung 15). Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen PI und Liegedauer festgestellt werden.

Plaque Index (%)						
Liegedauer	Anz	Min	Max	Mittelw.	Standardabw.	Signifikanz p
<5 Jahre	46	0	100	42,28	22,75	0,823
5-10 Jahre	25	0	100	43,12	27,58	0,571
>10 Jahre	19	11	100	40,42	23,92	0,412
gesamt	90	0	100	41,42	23,85	

**Tabelle 8: PI nach Gruppen (Eigene Darstellung)**

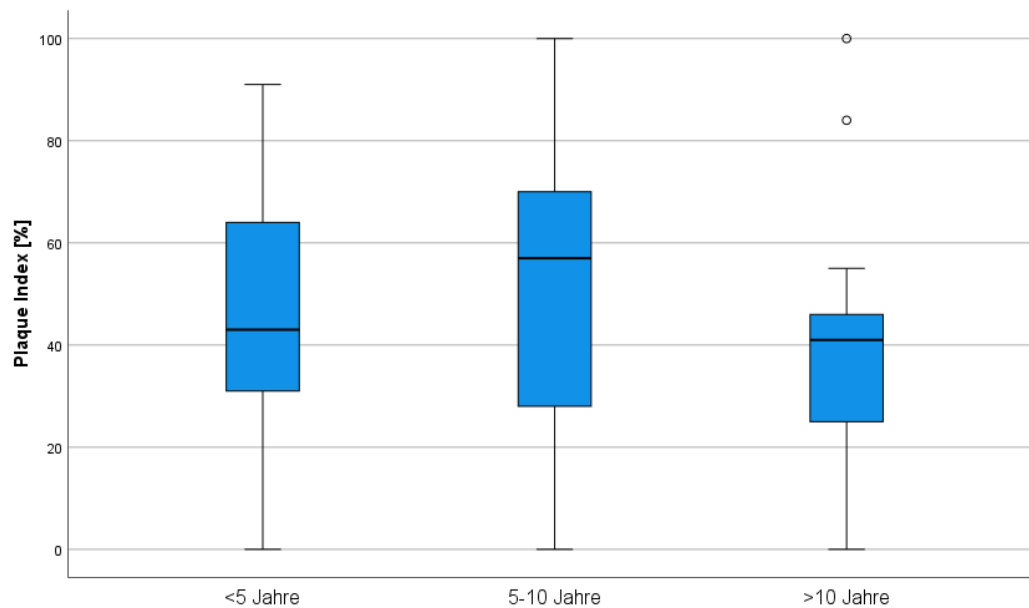


Abbildung 15: Boxplotdiagramm zum PI (Eigene Darstellung)

Die maximale Sondierungstiefe (max. ST) am Implantat wurde an 260 Implantaten erfasst. Dabei wurden Werte von 1mm bis 10mm gemessen. Im Gesamtdurchschnitt lag die max. ST bei 4,13mm (SD  $\pm$ 1,16mm; siehe Tabelle 9; Abbildung 16), in der Short-Term-Gruppe betrug sie 4,08mm (SD  $\pm$ 4,08;  $p= 0,36$ ), in der Mid-Term-Gruppe 4,17mm (SD  $\pm$ 1,70;  $p= 0,52$ ) und in der Long-Term-Gruppe 4,20mm (SD  $\pm$ 1,47;  $p= 0,518$ ). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen Liegedauer und max. ST war nicht zu erkennen.

Max. ST (mm)						
Liegedauer	Anz	Min	Max	Mittelw.	Standardabw.	Signifikanz p
<5 Jahre	130	1	9	4,08	1,66	$p = 0,360$
5-10 Jahre	64	2	9	4,17	1,70	$p = 0,52$
>10 Jahre	66	1	10	4,20	1,47	$p = 0,518$
gesamt	260	1	10	4,13	1,61	

Tabelle 9: max. ST nach Gruppen (Eigene Darstellung)

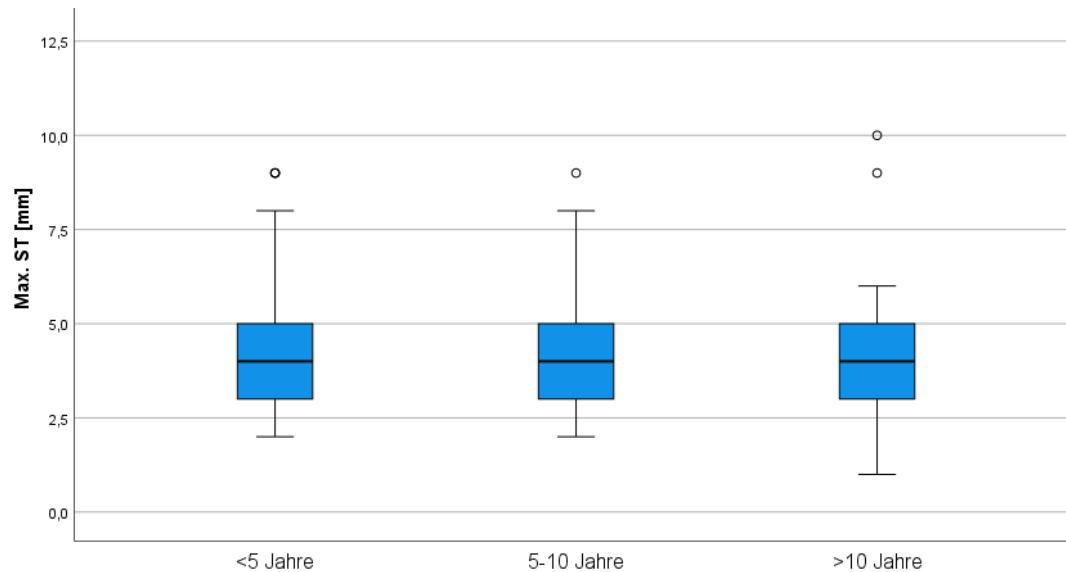


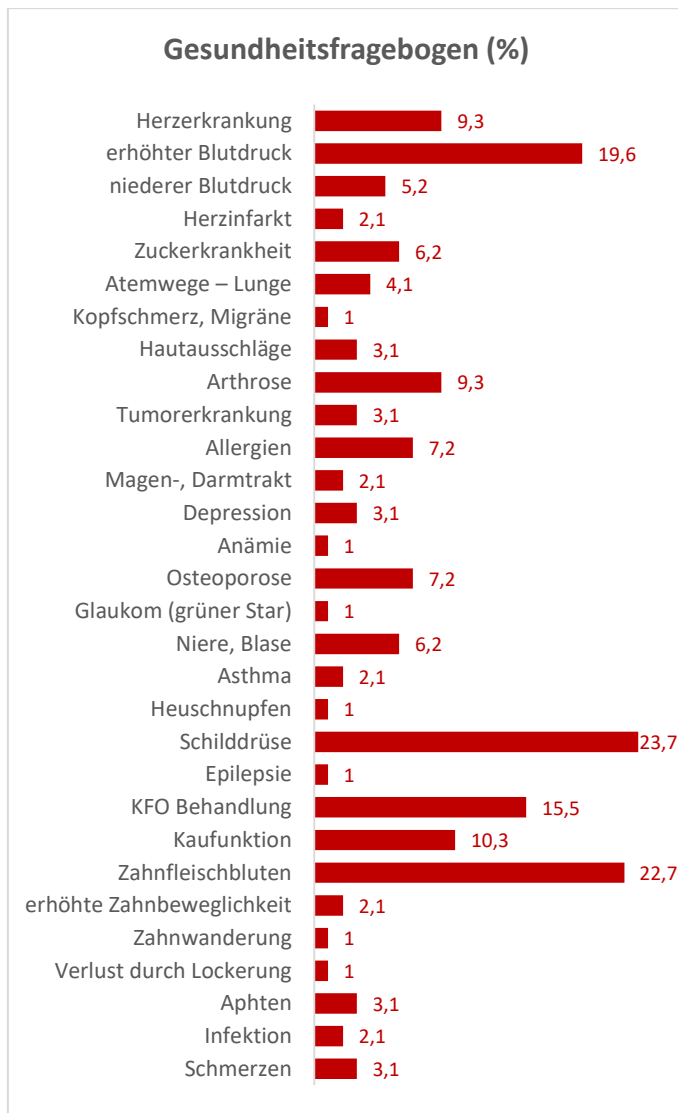
Abbildung 16: Boxplotdiagramm zur max. ST (Eigene Darstellung)

### 3.7 Anamnese und subjektives Empfinden der Patient\*innen

Der Gesundheitsfragebogen wurde selbstständig von den Patient\*innen ausgefüllt. 31 Patient\*innen gaben an, keine Erkrankungen oder Risikofaktoren zu haben. Bei den übrigen Patient\*innen wurde am häufigsten eine Erkrankung der Schilddrüse mit 23,7% (n=23), gefolgt von erhöhtem Blutdruck (n=19, 19,6%) sowie Herzerkrankung und Arthrose mit jeweils 9,3% (n=9) angeführt.

22,7% (n=22) der Patient\*innen gaben an, unter Zahnfleischbluten zu leiden, wobei der BOP Prozentsatz hier mit 22,09% gegenüber anamnestisch beschwerdefreien Patient\*innen mit 19,12% nicht signifikant erhöht war. 10,3% litten laut eigenen Angaben an einer gestörten Kaufunktion (n=10) (siehe Abbildung 17).

Bei Patient\*innen, welche angegeben haben in kieferorthopädischer Behandlung gewesen zu sein, fiel ein signifikant höheres postoperatives Knochenniveau von 0,02mm (SD  $\pm$ 0,28) im Vergleich zu Patient\*innen die nicht kieferorthopädisch therapiert wurden (-0,61mm; SD  $\pm$ 0,13; p=0,019) auf. Die Resorption lag bei diesen Patient\*innen bei durchschnittlich -0,07mm (SD  $\pm$ 6,1).



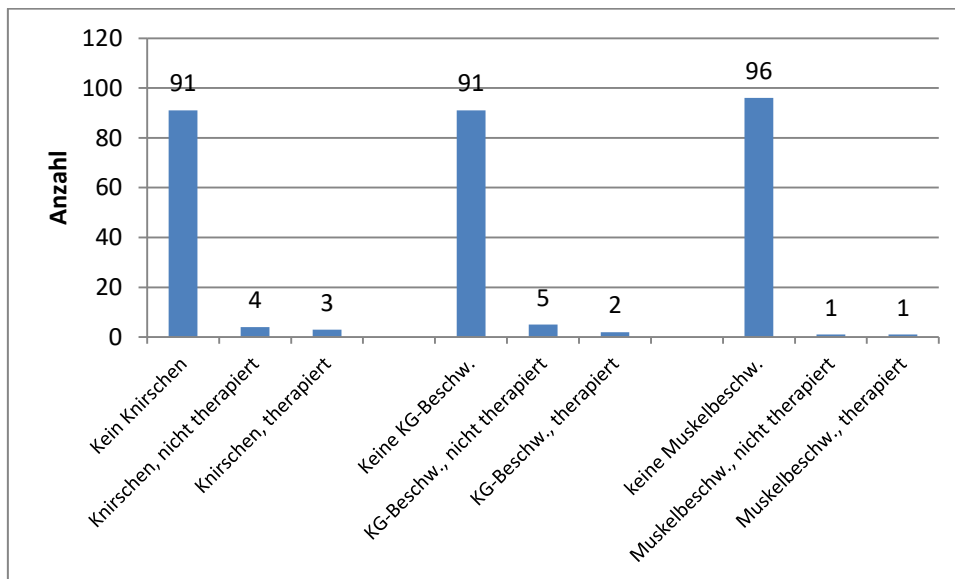
**Abbildung 17: Diagramm zum Gesundheitsfragebogen (Mischak, 2022)**

Ursachen für den Zahnverlust wurden in 84 Fällen dokumentiert. Als Gründe wurden Karies mit einer Häufigkeit von 58,33% (n=49), Parodontitis mit 19,05% (n=16) und seltener Trauma (7,14%) und Nichtanlagen (3,57%) angegeben (siehe Tabelle 10).

Grund für Zahnverlust	Anz	%
Karies	49	58,33
Karies+Parodontitis	9	10,71
Karies+Nichtanlagen	1	1,19
Parodontitis	16	19,05
Trauma	6	7,14
Nichtanlagen	3	3,57

**Tabelle 10: Grund Zahnverlust (Eigene Darstellung)**

7 Patient\*innen gaben an, seit der Implantatversorgung zu knirschen, wobei dies bei 3 Patient\*innen laut eigenen Angaben therapiert wurde. Unabhängig davon berichteten ebenfalls 7 Patient\*innen von Kiefergelenksbeschwerden seit der Implantation, die bei 2 Patient\*innen therapiert wurden. Es kam bei weiteren 2 Patient\*innen laut eigener Aussage nach der Implantation zu Beschwerden der Kaumuskelatur, welche bei einem/einer Patient\*in behandelt wurde (siehe Abbildung 18).



**Abbildung 18: Beschwerden seit Implantation (Eigene Darstellung)**

Bei der subjektiven Patient\*innenzufriedenheit wurde die Situation vor und nach der Implantatversorgung von den Patient\*innen auf einer Skala von 1 (überhaupt nicht zufrieden) bis 10 (absolut zufrieden) bewertet. Es ergab sich vor der Implantatversorgung eine durchschnittliche Zufriedenheit von 4,79(SD  $\pm$ 3,68) und nach der Versorgung eine Verbesserung auf durchschnittlich 9,07 (SD  $\pm$ 2,17).

84 Patient\*innen tätigten Aussagen zum Beweggrund für die Implantation. Hier wurden „Funktion“ (48,8%, n=41), „kein Beschleifen der Nachbarzähne“ (11,9%, n=10), „Ästhetik“ (9,5%, n=8) oder eine Kombination dieser Möglichkeiten genannt (siehe Tabelle 11).

Die Natürlichkeit der implantatgetragenen Versorgung und der Weichgewebssituation, Probleme mit der Reinigung, dem Kauen sowie Schwierigkeiten beim Sprechen wurden abermals auf einer Skala von 1 (sehr unnatürlich bzw. große Probleme) bis 10 (absolut natürlich bzw. keine Probleme) bewertet.

Durchschnittlich wurde die Natürlichkeit der implantatgetragenen Versorgung mit 9,02 (SD  $\pm$ 2,12) und die Weichgewebssituation mit 9,24 (SD  $\pm$ 1,63) bewertet.

Die Schwierigkeit der Reinigung wurde im Mittel mit 8,96 (SD  $\pm$ 1,82) beurteilt. Sprachschwierigkeiten sowie Kauschwierigkeiten wurden in beiden Fällen durchschnittlich mit 9,82 (SD  $\pm$ 0,66 im Falle der Sprach- bzw.  $\pm$ 0,50 im Falle der Kauschwierigkeiten) angegeben. Bei 43,3% der Patient\*innen (n=42) hat sich die Lebenssituation durch die Implantation laut Fragebogen wesentlich verbessert, bei 33% (n=32) hat sie sich verbessert und bei 23,7% (n=23) ist die Lebensqualität gleichgeblieben (siehe Tabelle 12). 94,9% (n=92) der Patient\*innen gaben an, bereit zu sein, sich bei Bedarf einer erneuten Implantation zu unterziehen. 3 Patient\*innen würden keine erneute Implantation durchführen lassen bzw. haben keine Angaben dazu gemacht (n=5). Der OHIP-G 14 ergab einen durchschnittlichen Wert von 3,36. Der Maximalwert belief sich auf 31 Punkte. Bei 46 Patient\*innen zeigte sich eine sehr gute mundgesundheitsbezogene Lebensqualität (OHIP-G 14: 0 Punkte).

<b>Grund Implantation</b>	Anz	%
Funktion	41	48,8
Funktion+ Ästhetik + Kein Beschleifen	4	4,8
Funktion+Ästhetik	11	13,1
Funktion+Kein Beschleifen	4	4,8
Ästhetik	8	9,5
Ästhetik+Kein Beschleifen	1	1,2
Ästhetik+Kein Beschleifen	5	6,0
Kein Beschleifen	10	11,9

**Tabelle 11: Grund für die Implantation (Eigene Darstellung)**

Zufriedenheit	Vor Implantation	Nach Implantation	Proth. Versorgung	Natürlichkeit Versorgung	Natürlichkeit Weichteile	Schwierigkeit Reinigen	Schwierigkeit Sprache	Schwierigkeit Kauen
<b>Min</b>	1	1	1	1	1	1	5	8
<b>Max</b>	10	10	10	10	10	10	10	10
<b>Mittelw.</b>	4,79	9,07	9,13	9,02	9,24	8,96	9,82	9,62
<b>Standardabwe.</b>	3,68	2,17	2,02	2,12	1,63	1,82	0,66	0,50

**Tabelle 12: Patient\*innenzufriedenheit (Eigene Darstellung)**

### 3.8 Komplikationen

Es wurden 4 biologische und 11 technische Komplikationen dokumentiert (siehe Abbildung 19). Bei 262 Implantaten wurden keine Komplikationen genannt und zu 3 Implantaten lagen keine Daten vor. An technischen Komplikationen zeigten sich Chipping (n=4), eine Stegfraktur (n=1; siehe Abbildung 20; Abbildung 21), Schraubenlockerungen (n=3), Dezementierung (n=1) und Schraubenlockerungen in Kombination mit Verlust der Compositabdeckung des Schraubenkanals (n=2).

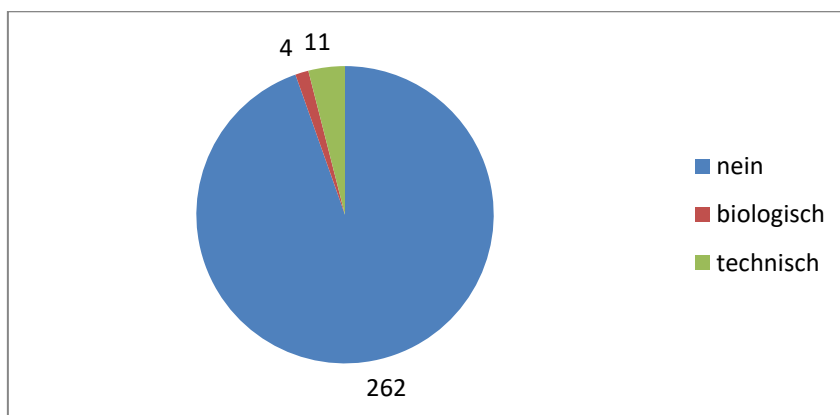


Abbildung 19: Auftreten von Komplikationen (Eigene Darstellung)

Es traten 6 technische Komplikationen bei verschraubten Suprakonstruktionen, eine Komplikation bei einer Stegversorgung und 4 technische Komplikationen bei zementierten Versorgungsmöglichkeiten auf. Zum Chipping kam es häufiger bei verschraubten (n=3) als bei zementierten Suprakonstruktionen (n=1), wohingegen die Schraubenlockerung bei beiden Versorgungsarten auftrat. Außerdem kam es zweimal zu einer Schraubenlockerung in Kombination mit Verlust der Compositabdeckung bei verschraubten Konstruktionen.

Biologische Komplikationen gab es nur bei zementierten Versorgungsmöglichkeiten (siehe Tabelle 13; Tabelle 14), welche sich jeweils als Periimplantitis mit Sondierungstiefen von 7-8mm darstellte und in allen Fällen therapiert wurde. Einmal wurde zusätzlich eine Dehiszenz am Implantat erfasst.

<b>Adverse Events</b>			
<b>Befestigungsmöglichkeiten</b>	<b>keine</b>	<b>biologisch</b>	<b>technisch</b>
<b>verschraubt</b>	133	0	6
<b>zementiert</b>	90	4	4
<b>Steg</b>	37	0	1
<b>Druckknopf</b>	2	0	0

**Tabelle 13: Adverse Events nach Art der Befestigung (Eigene Darstellung)**

<b>Technische Komplikation</b>	<b>Befestigungsmöglichkeiten</b>			
	<b>verschraubt</b>	<b>zementiert</b>	<b>Steg</b>	<b>Druckknopf</b>
<b>nein</b>	133	90	37	2
<b>Steg/Gerüstfraktur</b>	0	0	1	0
<b>Chipping</b>	3	1	0	0
<b>Schraubenlockerung</b>	1	2	0	0
<b>Schraubenlockerung + Verlust Compositabdeckung</b>	2	0	0	0
<b>Dezementierung</b>	0	1	0	0

**Tabelle 14: Technische Komplikationen nach Art der Befestigung (Eigene Darstellung)**

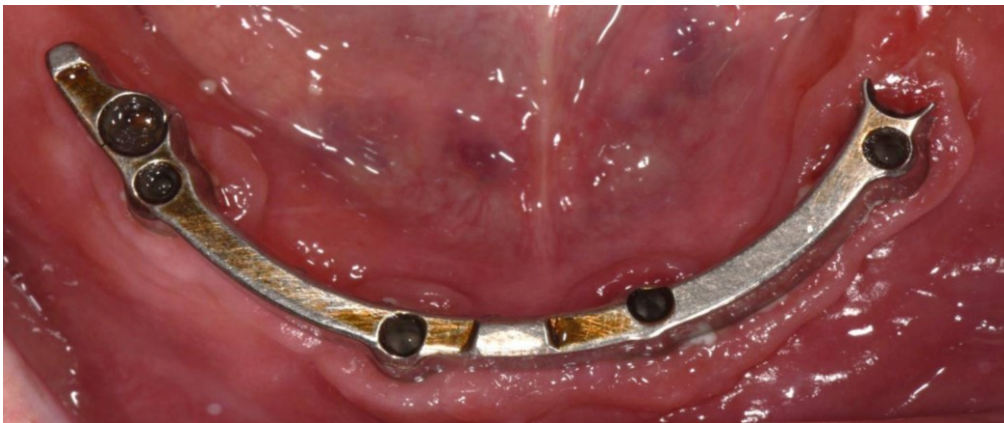
Biologische Komplikationen traten zweimal innerhalb der ersten vier Jahre auf, einmal nach sechs Jahren und einmal nach 21 Jahren. Technische Komplikationen gab es am häufigsten (n=6) in der Short-Term-Gruppe nach durchschnittlich 2,86 Jahren (SD  $\pm$ 1,07), 4-mal in der Mid-Term- Gruppe nach durchschnittlich 7,25 Jahren (SD  $\pm$ 1,50) und einmal nach 19 Jahren in der Long-Term-Gruppe (siehe Tabelle 16, Tabelle 16).

<b>Liegedauer</b>				
<b>Gruppe</b>	<b>Adverse Events</b>	<b>N</b>	<b>Mittelw.</b>	<b>SD</b>
<5 Jahre	keine	132	2,87	1,19
	biologisch	2	3,00	0,00
	technisch	6	2,86	1,07
5-10 Jahre	keine	65	6,17	1,58
	biologisch	1	6,00	
	technisch	4	7,25	1,50
>10 Jahre	keine	65	15,67	4,39
	biologisch	1	21,00	
	technisch	1	19,00	

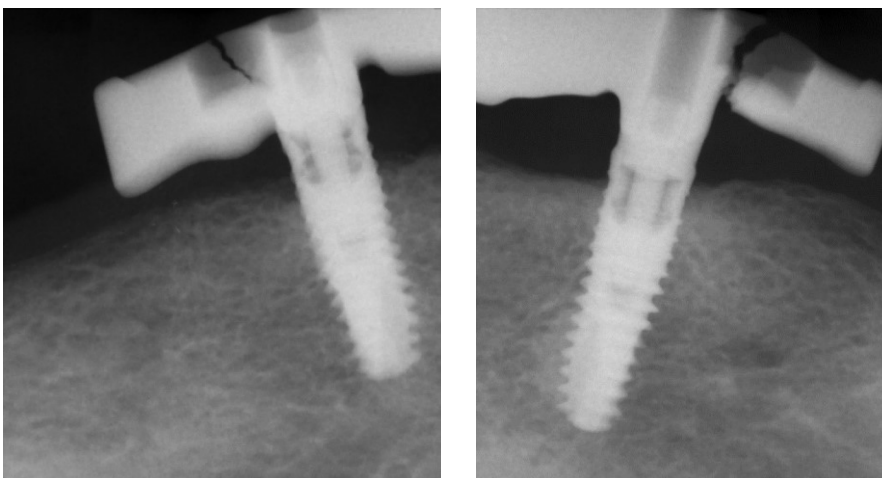
**Tabelle 15: Adverse Events nach Liegedauer (Eigene Darstellung)**

<b>Liegedauer</b>				
<b>Gruppe</b>	<b>Techn. Kompl.</b>	<b>N</b>	<b>Mittelw.</b>	<b>SD</b>
<5 Jahre	nein	132	2,87	1,19
	Chipping	1	3,00	
	Schraubenlockerung	3	3,67	0,58
	Schraubenlockerung + Verlust Compositabdeckung	2	2,00	1,41
5-10 Jahre	nein	65	6,17	1,58
	Steg/Gerüstfraktur	1	5,00	
	Dezementierung	1	6,00	
	Chipping	2	5,10	1,56
>10 Jahre	nein	65	15,67	4,39
	Chipping	1	20,00	1,41

**Tabelle 16: Technische Komplikationen nach Liegedauer (Eigene Darstellung)**



**Abbildung 20: Stegfraktur regio 44/45 und 34/35 (Eigene Darstellung)**



**Abbildung 21: Röntgenbilder der Stegfraktur regio 44/45 und 34/35 aus Abbildung 20 (Eigene Darstellung)**

### 3.9 Resorption im Vergleich

Bezüglich des Alters konnte keine Korrelation mit der Resorption festgestellt werden.

Bei der Liegedauer zeigte sich bei der Berechnung mit dem Pearson Korrelationskoeffizienten eine knapp nicht signifikante Tendenz ( $r = 0,121$ ;  $p = 0,060$ ), dass das periimplantäre Knochenniveau in den ersten 5 Jahren am stärksten abnimmt und mit längerer Liegedauer weniger stark zurückgeht (siehe Abbildung 22). Die Varianzanalyse zeigte eine signifikant geringere Resorption in der Long-Term-Gruppe ( $p = 0,09$ ) als in den anderen beiden Vergleichsgruppen (siehe Tabelle 6; S.29).

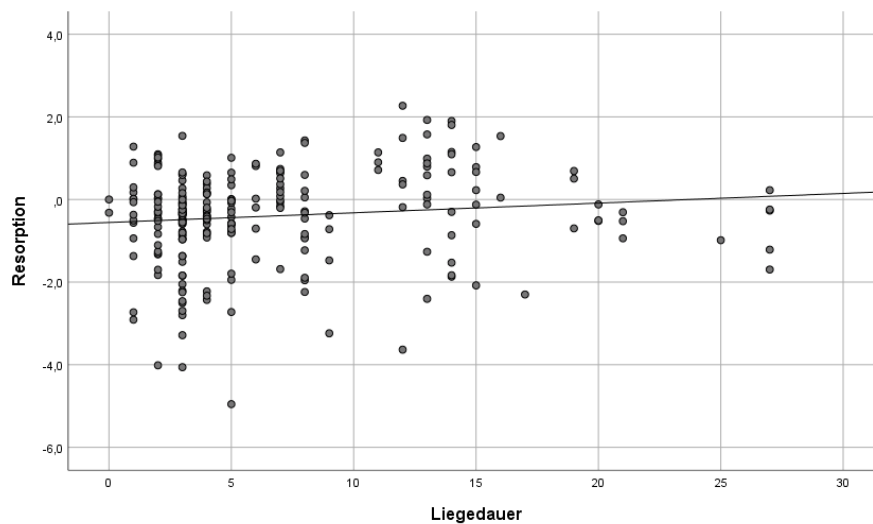
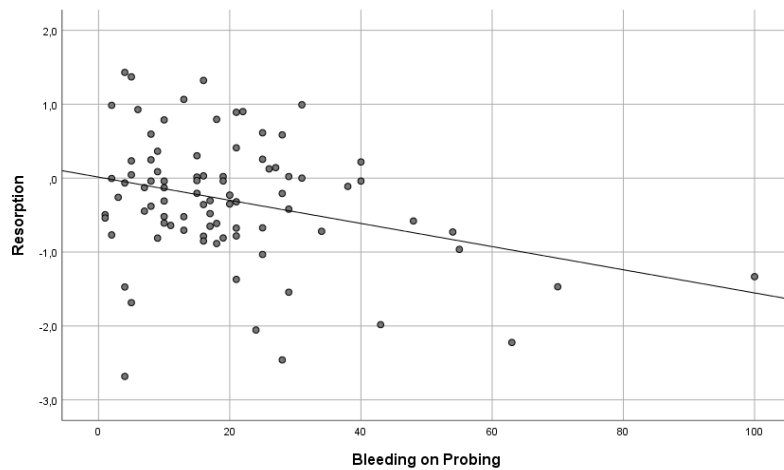


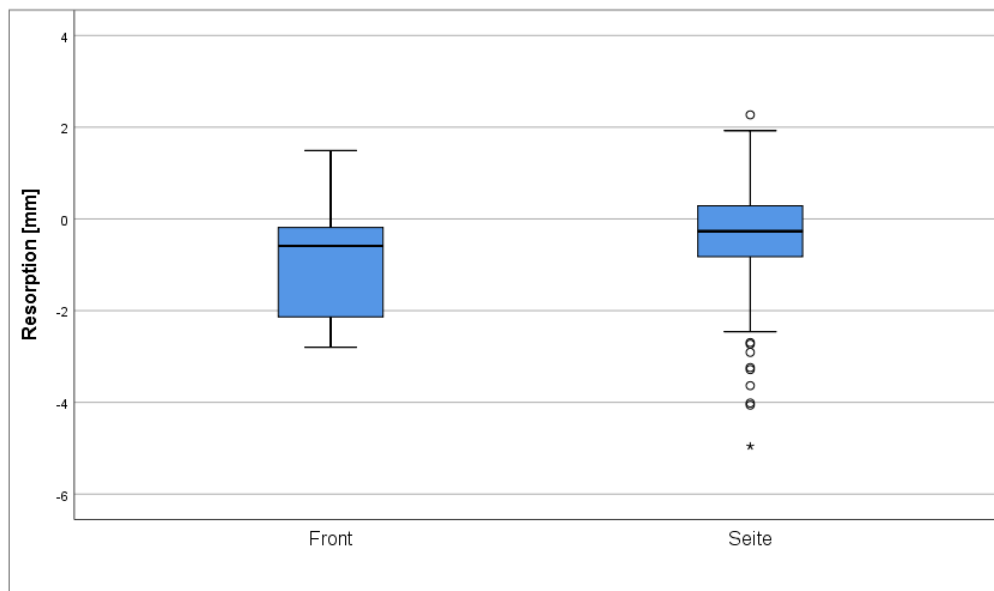
Abbildung 22: Streudiagramm zur Korrelation von Liegedauer und Resorption (Eigene Darstellung)

Bezüglich der klinischen Parameter konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen PI und mittlerer Resorption festgestellt werden ( $r = -0,082$ ;  $p = 0,458$ ). Es konnte aber eine Korrelation zwischen BOP und mittlerer Resorption nachgewiesen werden. Patient\*innen mit einem hohen BOP-Wert wiesen insgesamt einen signifikant stärkeren Rückgang des periimplantären Knochenniveaus auf ( $r = -0,308$ ;  $p = 0,004$ ; siehe Abbildung 23).



**Abbildung 23: Streudiagramm zur Korrelation von BOP und Resorption (Eigene Darstellung)**

Mittels des T-Tests für unabhängige Stichproben konnte ein knapp signifikanter Unterschied in der Resorption bei der Implantatposition festgestellt werden ( $p = 0,054$ ). So gab es eine durchschnittliche Resorption von  $-0,92\text{mm}$  ( $\text{SD} \pm 1,25$ ) in der Front und eine etwas geringere durchschnittliche Resorption von  $-0,36\text{mm}$  ( $\text{SD} \pm 1,12$ ) im Seitenzahnbereich. Damit war die durchschnittliche Resorption im Frontzahnbereich um  $0,56\text{mm}$  höher als im Seitenzahnbereich (siehe Abbildung 24).



**Abbildung 24: Resorption und Implantatposition (Eigene Darstellung)**

Bei Patient\*innen mit anamnestisch bekannten Erkrankungen oder Risikofaktoren, konnte keine signifikant erhöhte Resorption festgestellt werden.

Bei insgesamt 11 Raucher\*innen (6 Patient\*innen mit <10 Zigaretten/Tag und 5 Patient\*innen mit  $\geq 10$  Zigaretten/Tag) war sowohl der Maximalwert, als auch der Mittelwert der Resorption etwas höher als bei Nichtraucher\*innen, allerdings konnte kein signifikanter Zusammenhang ermittelt werden ( $p= 0,183$ ). Die größte Resorption mit -2,73mm gab es in der Gruppe der Patient\*innen, die bis zu 10 Zigaretten am Tag rauchen. Auch der Mittelwert war hier mit -0,75mm (SD  $\pm 1,82$ ) am höchsten (siehe Tabelle 17).

	Anz	Min	Max	Mittelw.	Standardabw.
<b>Kein Zigarettenkonsum</b>	74	-2,22	1,43	-0,29	1,75
<b>&lt;10</b>	6	-2,73	1,33	-0,75	1,82
<b><math>\geq 10</math></b>	5	-2,46	1,07	-0,73	1,32
<b>Keine Angabe</b>	15				

**Tabelle 17: Zigarettenkonsum und Resorption (Eigene Darstellung)**

Bei Patient\*innen mit regelmäßigem Alkoholkonsum ( $n=2$ ) wurden die höchste maximale Resorption und mittlere Resorption mit -2,61mm bzw. -0,75mm (SD  $\pm 1,20$ ) erhoben. Auch bei gelegentlichem Alkoholkonsum ( $n=44$ ) lagen die Resorptionswerte etwas höher, als bei Patient\*innen welche angaben, keinen Alkohol ( $n=40$ ) zu trinken (siehe Tabelle 18). Eine Signifikanz war allerdings nicht feststellbar ( $p= 0,185$ ).

	Anz	Min	Max	Mittelw.	Standardabw.
<b>Kein Alkoholkonsum</b>	40	-1,98	1,43	-0,28	1,74
<b>gelegentlich</b>	44	-2,46	1,37	-0,54	1,84
<b>regelmäßig</b>	2	-2,61	1,89	-0,75	1,20
<b>Keine Angabe</b>	14				

**Tabelle 18: Alkoholkonsum und Resorption (Eigene Darstellung)**

Hinsichtlich der Retentionsart der Suprastruktur konnte ein geringer Unterschied in der Resorption festgestellt werden. Bei verschraubten Suprakonstruktionen lag sie durchschnittlich bei -0,5mm (SD  $\pm$ 1,07), bei zementierten Versorgungen bei -0,11mm (SD  $\pm$ 1,07). Für die jährliche Resorption hingegen wurden bei beiden Befestigungsarten durchschnittlich -0,13mm (SD  $\pm$ 0,70) detektiert. Bei Stegversorgungen war die mittlere Resorption mit -0,8mm (SD  $\pm$ 1,08) am größten. Die mittlere jährliche Resorption betrug -0,1mm (SD  $\pm$ 0,70). Bei der Druckknopf-retinierten Versorgung kam es zu einem Anstieg des marginalen Knochenniveaus (siehe Tabelle 19), was aufgrund der geringen Fallzahl (n=2) allerdings vernachlässigbar ist.

Bei Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen der Resorption und dem Auftreten von Adverse Events ergab sich kein signifikanter Zusammenhang, obwohl die mittlere Resorption bei Patient\*innen, bei denen technische Komplikationen aufgetreten sind, mit -0,55mm (SD  $\pm$ 1,07) etwas höher war als bei Patient\*innen, bei denen keine Adverse Events zu verzeichnen waren. Hier lag die mittlere Resorption bei -0,39mm (SD  $\pm$ 1,14). Die durchschnittliche Resorption bei Patient\*innen mit biologischen Komplikationen betrug -1,03mm (siehe Tabelle 20).

Bei den technischen Komplikationen gab es die größte mittlere Resorption mit -0,76mm (SD  $\pm$ 0,86) bei der Schraubenlockerung in Kombination Verlust der Compositabdeckung, gefolgt von der reinen Schraubenlockerung mit -0,68mm (SD  $\pm$ 1,84). Patient\*innen bei denen Chipping auftrat hatten eine durchschnittliche Resorption von -0,55mm (SD  $\pm$ 1,19) (siehe Tabelle 21). Aufgrund der geringen Anzahl von technischen und biologischen Komplikationen ließ sich keine signifikante Korrelation zwischen Resorption und Adverse Events erkennen.

Befestigungsart	Anzahl	Mittlere Res.	SD	Mittlere Res. jährlich	SD jährlich
Verschraubt	143	-0,50	1,07	-0,13	0,70
Zementiert	94	-0,11	1,07	-0,13	0,70
Steg	38	-0,80	1,08	-0,10	0,70
Druckknopf	2	0,50	1,08	0,07	0,71

**Tabelle 19: Befestigung und Resorption (Eigene Darstellung)**

Adverse Events	Anzahl	%	mittl Resorption	SD
nein	262	94,6	-0,39	1,14
biologisch	4	1,4	-1,03	1,04
technisch	11	4,0	-0,55	1,07

**Tabelle 20: Mittlere Resorption und Adverse Events (Eigene Darstellung)**

Technische Komplikation	Anzahl	%	mittl Resorption	SD
nein	262	96,0	-0,39	1,14
Steg/Gerüstfraktur	1	0,4	0,65	
Chipping	4	1,5	-0,55	1,19
Schraubenlockerung	3	1,1	-0,68	1,84
Schraubenlockerung + andere	2	0,7	-0,76	0,86
Dezementierung	1	0,4	-0,70	

**Tabelle 21: Technische Komplikation und Resorption (Eigene Darstellung)**

### **3.10 Klinische Parameter und Befestigungsmöglichkeiten**

Bei verschraubten Restaurationen betrug der BOP durchschnittlich 26,7% (SD  $\pm 0,58$ ). Etwas niedriger lag er mit 18,67% (14,97) bei zementierten Versorgung. Bei Stegversorgungen ergaben sich im Mittel 23,06% (SD  $\pm 18,31$ ; siehe Abbildung 25). Es lässt sich keine Signifikanz zwischen Befestigungsmöglichkeit und BOP ( $p=0,592$ ) erkennen. Auch der PI zeigte keine wesentlichen Unterschiede bei den verschiedenen Befestigungsmöglichkeiten (siehe Abbildung 26;  $p=0,995$ ). Die maximale Sondierungstiefe war bei verschraubten und zementierten Versorgung mit durchschnittlich 4,11mm (SD  $\pm 2,40$ ) bzw. 4,50mm (SD  $\pm 5,10$ ) etwas höher als bei der Stegversorgung, bei der diese durchschnittlich 3,81mm (SD  $\pm 2,26$ ) betrug. Am geringsten war die maximale ST bei der Versorgung mittels Druckknopf mit 2,0mm, allerdings ist die Fallzahl hier sehr gering, weshalb ein statistischer Test hier nicht aussagekräftig ist. ( $n=2$ ; siehe Tabelle 22; siehe Abbildung 27).

Befestigungsmöglichkeiten									
	verschraubt		zementiert		Steg		Druckknopf		
	Mittelw.	SD	Mittelw.	SD	Mittelw.	SD	Mittelw.	SD	Sign. p
<b>BOP</b>	26,70	0,58	18,67	14,97	23,06	18,31	21,67	22,30	p = 0,592
<b>PI</b>	41,55	23,10	43,03	23,495	42,50	33,34	42,00	0,00	p = 0,995
<b>max ST</b>	4,11	1,39	4,50	1,49	3,81	2,26	2,00	0,00	p = 0,201

Tabelle 22: Klinische Parameter und Befestigungsmöglichkeiten (Eigene Darstellung)

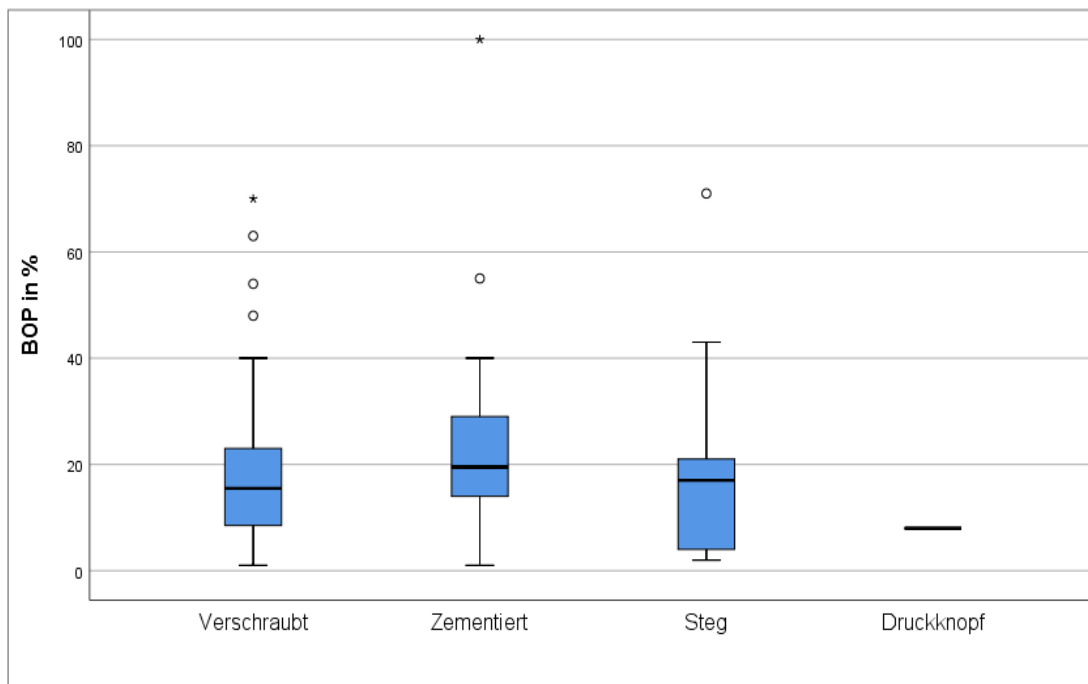


Abbildung 25: BOP bei den Befestigungsmöglichkeiten (Mischak, 2022)

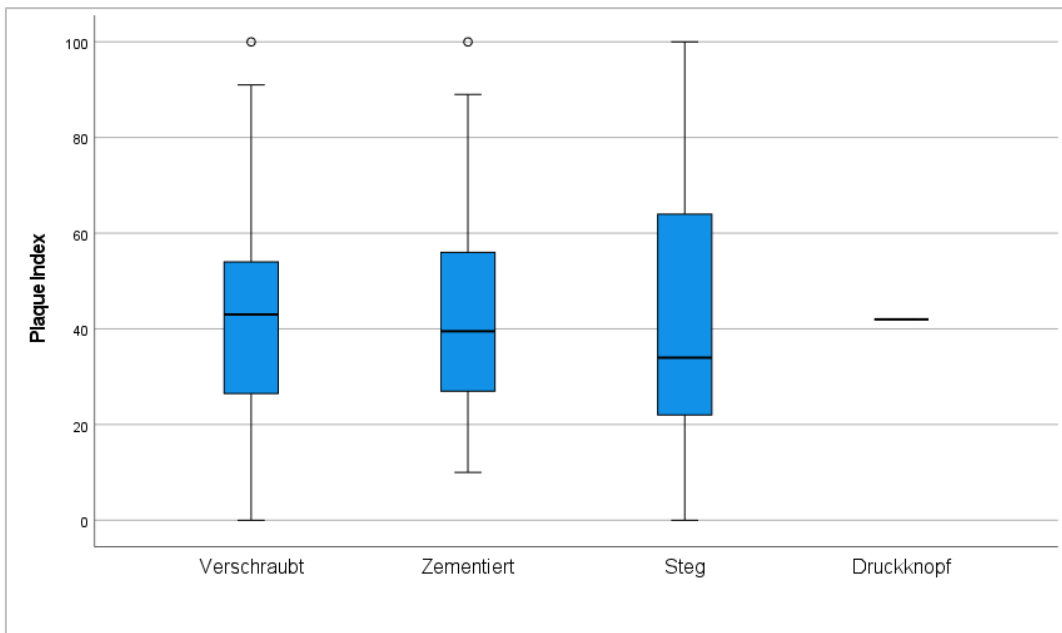


Abbildung 26: PI bei den Befestigungsmöglichkeiten (Mischak, 2022)

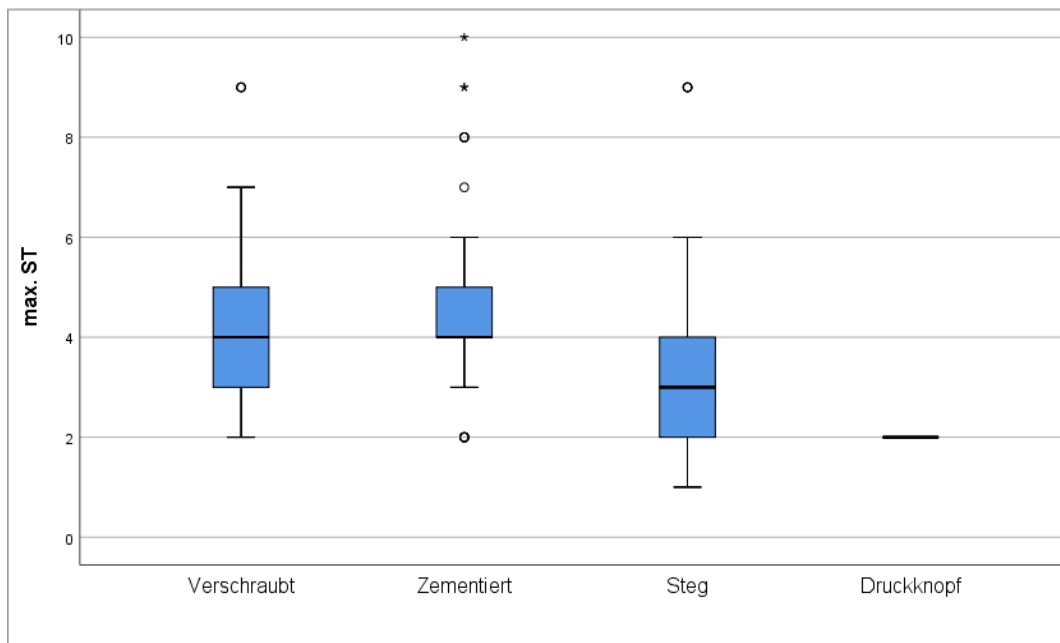


Abbildung 27: Max. ST bei den Befestigungsmöglichkeiten (Mischak, 2022)

## 4 Diskussion

Der periimplantäre Knochenrückgang und die Implantatüberlebensrate wurden in einer Vielzahl von Studien untersucht, allerdings beinhalten viele dieser Studien geringere Fallzahlen und eine genau spezifizierte Indikationsstellung, wie etwa eine bestimmte Allgemeinerkrankung, ein bestimmtes Implantatsystem oder weitere eng gewählte Auswahlkriterien (Papaspolidakos, Barizan Bordin et al., 2018; Tey, Phillips et al., 2017). Größere Fallzahlen konnten durch retrospektive Studien im Sinne von Literaturrecherchen oder Metaanalysen zum Vergleich dieser Studie herangezogen werden (Chrcanovic, Kisch et al., 2018; Howe, Keys et al., 2019). Diese Studie präsentiert Ergebnisse zu verschiedenen Implantatsystemen und -dimensionen, schließt Implantate mit und ohne Augmentation ein und umfasst dadurch ein breites Patient\*innenkollektiv unterschiedlichen Alters sowie verschiedener Indikationen und Vorerkrankungen.

### **4.1 Implantatposition, -länge und -durchmesser**

Die Ergebnisse dieser Studie hinsichtlich der Implantatposition deuten darauf hin, dass besonders häufig in der Region des ersten Molaren implantiert wird. Die Tatsache, dass dieser Zahn vermehrt von Karies betroffen ist, wurde in mehreren Studien belegt (Shaffer, Polk et al., 2013; Stona, Kramer et al., 2021). Die frühe Eruption, anatomische Merkmale und die Position im Zahnbogen, welche mit erhöhter Ansammlung von Biofilm, Nahrungsretention und einem erschwerten Zugang zur adäquaten Hygiene zusammenhängen, könnten Ursachen für den vermehrten Verlust an ersten Molaren und der damit verbundenen gehäuften Implantation in dieser Region sein (Broadbent, Page et al., 2013; Llana, Calabuig et al., 2020).

Die am häufigsten gewählte Implantatlänge betrug 13mm und die meist verwendeten Durchmesser lagen bei 3,8mm und 4,5mm. Die in der Zahnmedizin am häufigsten verwendeten Implantatlängen liegen zwischen 8mm und 15mm, was der natürlichen Wurzellänge der Zähne entspricht (Griffin & Cheung, 2004).

Mit der Wahl der richtigen Implantatlänge und des passenden Durchmessers sollen Spannungen in kortikalem und spongiösem Knochen reduziert werden sowie die Implantatstabilität erhöht werden, wobei Studien zeigen, dass dies mit Implantaten mit einem Durchmesser von 4mm und einer Länge ab 9mm erzielt werden kann (Meijer, Kuiper et al., 1992).

## **4.2 Periimplantärer Knochenrückgang und Implantatüberleben**

In der Literatur finden sich unterschiedliche Angaben zum physiologischen Knochenrückgang nach Implantatinserterion. So bewerteten Albrektsson et al. (1986) einen periimplantären Knochenverlust von 0,9 bis 1,6mm im ersten Jahr nach Implantation und 0,05 bis 0,13mm in den darauffolgenden Jahren als physiologisch. Roos et al. definierten den physiologischen MBL (1997) aufbauend auf diesen Erkenntnissen mit weniger als 1mm im ersten Jahr nach Implantation und weniger als 0,2mm in den darauffolgenden Jahren. Andere Autoren postulierten Werte von 0,5 bis 2mm innerhalb des ersten Jahres als physiologisch (Renvert, Persson et al., 2018).

Der in der Literatur beschriebene erhöhte periimplantäre Knochenverlust im ersten Jahr konnte in dieser Studie nicht evaluiert werden, da keine standardmäßige Vermessung nach einem Jahr Liegedauer erfolgte. Der jährliche Rückgang wurde aus dem Quotienten der Gesamtresorption und der Verweildauer ermittelt. Jedoch konnte ein signifikant höherer Knochenrückgang der Short-Term-Gruppe (bis zu 5 Jahre Implantatliegedauer) festgestellt werden. Die berechnete jährliche Resorptionsrate lag bei -0,1mm und deckt sich damit mit den in der Literatur beschriebenen Werten.

Die Evaluierung der Implantate erfolgte in dieser Studie durchschnittlich nach 6,86 Jahren und der periimplantäre Knochenverlust lag im Mittel bei -0,38mm (SD  $\pm$ 1,13), was aufgeteilt in den Gruppen einen Verlust von -0,57mm (SD  $\pm$ 1,04) in der Short-Term-Gruppe, -0,41mm (SD  $\pm$ 1,12) in der Mid-Term-Gruppe und -0,01mm (SD  $\pm$ 1,24) in der Long-Term-Gruppe ausmacht. Ähnliche Werte konnten in einer 2020 durchgeführten Studie von Assery et al. ermittelt werden, bei der das Knocheniveau von 36 Implantaten nach 1-22 Jahren Liegedauer evaluiert wurde. Hier betrug die Resorption nach 1-5 Jahren durchschnittlich -0,47mm und nach 5-22 Jahren im Mittel -0,33mm. Eine weitere Studie verzeichnete einen deutlich höheren MBL von durchschnittlich -1,18mm nach fünf Jahren (Enkling, Moazzin et al., 2020).

Bezüglich der Implantatposition konnte in dieser Arbeit eine knapp signifikant höhere Resorption bei Implantaten im Frontzahnbereich im Vergleich zum Seitenzahnbereich festgestellt werden. Dies verhält sich analog zu einer Studie von Ajanović et al. (2015), bei der erhöhte Werte der Resorption in der anterioren Mandibula festgestellt werden konnten. Ein Erklärungsansatz hierfür wäre das häufig geringe horizontale Knochenangebot in der Unterkieferfront (Tolstunov, 2007). Weitere Autoren berichten von keinem Unterschied bei periimplantärem Knochenrückgang zwischen Front- und Seitenzahnbereich, wobei hier Implantatpositionen in beiden Kiefern analysiert wurden (Rasouli Ghahroudi, Talaeepour et al., 2010; Wyatt & Zarb, 1998).

Die Implantatüberlebensrate in der durchgeführten Studie betrug 98,8% über einen maximalen Zeitraum von 27 Jahren, wobei insgesamt 2 Implantate nach 3 bzw. 5 Jahren entfernt werden mussten. In einer 18 Studien umfassenden Metaanalyse wurde die 10-Jahres-Überlebensrate mit Varianzen von 95-98% angegeben (Howe, Keys et al., 2019), eine weitere Studie, bei der das Überleben von 285 Implantaten in 196 Patient\*innen untersucht wurde, ergab eine Überlebensrate von 100% nach einem, 99,6% nach drei und 98,6% nach fünf Jahren (Beschnidt, Cacaci et al., 2018), was in etwa der in dieser Studie beschriebenen Überlebensrate entspricht.

Bei 36 Patient\*innen wurde eine Augmentation in Form von GBR vorgenommen, diese Patient\*innen zeigten keinen signifikanten Unterschied im Knochniveau, die mittlere Resorption war mit durchschnittlich -0,26mm (SD  $\pm$ 1,84) etwas geringer, als ohne Augmentation (-0,44mm SD  $\pm$ 1,37) und die Überlebensrate lag bei 100%. In einer retrospektiven Studie von Yang et al. (2021) lag der Knochenrückgang nach 10 Jahren bei Patient\*innen ohne Augmentation durchschnittlich bei 0,91mm, mit Augmentation lag er bei 0,84mm, wobei keine Signifikanz nachweisbar war. Eine weitere Studie, die das Knochniveau 5 Jahre nach Implantatinsertion untersuchte fand ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen Implantaten mit und ohne Augmentation (Zumstein, Schütz et al., 2019).

Bezüglich der Befestigungsmodi scheinen sich sowohl periimplantärer Knochenabbau, als auch Implantatüberlebensrate nicht signifikant zu unterscheiden. Beide Implantatverluste fanden bei Implantaten verschraubter Konstruktionen statt, jedoch ist die Fallzahl hier zu gering um eine fundierte Aussage treffen zu können.

Die Resorption war bei verschraubten Versorgungen mit durchschnittlich -0,50mm (SD  $\pm$ 1,07) im Vergleich zu -0,11mm (SD  $\pm$ 1,07) bei zementierten Konstruktionen zwar etwas größer, vergleichbare Studien liefern allerdings keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Resorption oder Implantatüberlebensrate nach Befestigungsart von festsitzenden Suprakonstruktionen (Sailer, Mühlemann et al., 2012; Shi, Jie et al., 2018). Allgemein finden sich in der Literatur unterschiedliche Ansichten, was den Zusammenhang zwischen abnehmbarer und festsitzender Versorgung und periimplantärem Knochenrückgang bzw. Implantatüberlebensrate betrifft. Entsprechend der in dieser Untersuchung vorliegenden Ergebnisse konnten Naert et al. (2004) keinen signifikanten Zusammenhang eruieren. Andere Autoren hingegen konnten eine signifikant höhere Implantatverlustrate bei abnehmbaren Versorgungen im Vergleich zu festsitzenden Restaurationen feststellen (Kern, Kern et al., 2016; Rodriguez, Orenstein et al., 2000). Die hier erhobenen Daten zeigen lediglich eine höhere Gesamtresorption von abnehmbaren Stegprothesen im Vergleich zu festsitzenden Versorgungen [Stegversorgung: -0.8mm; festsitzend: -0,5mm (verschraubt) bzw. -0,11mm (zementiert)]. Ähnliches findet man in einer systematischen Übersichtsarbeit, in der eine vermehrte Resorption bei Implantaten mit abnehmbaren Suprakonstruktionen (0,22mm-2,7mm) gegenüber festsitzenden Arbeiten (0,17mm–1,6mm) innerhalb des ersten Jahres nach Implantatinsertion eruiert wurde, wobei – entsprechend zu unserer Analyse der jährlichen Resorptionsraten (Stegversorgung: -0,10mm; festsitzende Versorgung: -0,13mm) - nach fünf Jahren keine signifikanten Unterschiede mehr zu erkennen waren (Saravi, Putz et al., 2020).

### **4.3 Risikofaktoren**

Verschiedene Studien stellten eine Korrelation zwischen dem erhöhten Verlust des marginalen Knochenniveaus und der Gewohnheit des Rauchens fest. Bei einer von French et al. (2019) durchgeführten retrospektiven Studie kam es bei starken Raucher\*innen vier Jahre nach Implantatinsertion zu einem signifikant erhöhten MBL. Auch Strietzel et al. (2007) erkannten eine höhere durchschnittliche jährliche Knochenresorptionsrate bei Zigarettenkonsum. In dieser Studie konnte zwar kein signifikant höherer Knochenabbau nachgewiesen werden, dennoch war die mittlere Resorption bei Tabakkonsument\*innen erhöht. Gleiches zeigte sich bei Patient\*innen, die gelegentlich bis regelmäßig Alkohol verzehren. Eine prospektive Studie, die den MBL bei Alkohol- (>10g/Tag) und Tabakkonsum untersuchte, fand einen erhöhten marginalen Knochenverlust bei Patient\*innen, die Alkohol konsumierten, welcher im Vergleich sogar größer war, als bei Tabakkonsument\*innen (Galindo-Moreno, Fauri et al., 2005). Im Gegensatz dazu kam eine weitere Arbeit zu dem Ergebnis, dass ein moderater Alkoholkonsum bezüglich der Implantatüberlebensrate aufgrund einer verminderten Anzahl von systemischen Entzündungsmarkern sogar zu einer leichten Abnahme von späten Implantatmisserfolgen führen kann (Carr, Boggess et al., 2021).

Hinsichtlich des Risikos durch Allgemeinerkrankungen werden in der Literatur nur wenige Erkrankungen als absolute Kontraindikation für die Implantation angesehen. Hier wäre beispielsweise die laufende Radiatio im Kopf-Hals-Bereich zu nennen (Diz, Scully et al., 2013). Verschiedene Studien geben Hinweise darauf, dass kardiovaskuläre Erkrankungen, Schilddrüsenunterfunktion und Diabetes Mellitus Typ II die Implantatüberlebensrate und das periimplantäre Knochenniveau nicht negativ beeinflussen (Aghaloo, Pi-Anfruns et al., 2019; Schimmel, Srinivasan et al., 2018). Unter Berücksichtigung der geringen Fallzahl der jeweiligen Erkrankungen, spiegelt sich dies auch in der vorliegenden Studie wider.

Ein Zusammenhang von positiven BOP-Befunden und vermehrtem periimplantärem Knochenverlust, welcher in den Arbeiten von Berglundh, Romandini et al. (2021), Karlsson, Derks, et al. (2019) und Serino und Ström (2009) postuliert wurde, konnte in dieser Studie bestätigt und somit das Auftreten von BOP in Kombination mit MBL als Risikofaktor der Periimplantitis belegt werden.

Auch die insuffiziente Mundhygiene und der damit verbundene hohe Plaque-Index wird in der Literatur vielfach als Risikofaktor für das Auftreten einer Periimplantitis beschrieben (Cheung, Hopcraft et al., 2021a, 2021b), allerdings konnte in der vorliegenden Studie keine statistisch signifikante Korrelation nachgewiesen werden.

#### **4.4 Komplikationen**

Unter allen ausgewerteten Implantaten wurden 15 Komplikationen festgestellt (5,3%), welche sich in 11 technische (3,9%) und 4 biologische (1,4%) Komplikationen gliederten.

In der Literatur finden sich Angaben zur Inzidenz prothetischer Komplikationen zwischen 5% und 49% (Jemt, Lindén et al., 1992; Naert, Quirynen et al., 1992), womit die hier gezeigten Ergebnisse am unteren Rand des Durchschnitts liegen.

Über die Hälfte an technischen Komplikationen trat in dieser Arbeit in der Gruppe mit <5 Jahren Implantatliegedauer (n=6) auf, in der Literatur sind Peaks von Komplikationen 6-8 Jahre nach Implantatinsertion zu finden (Monje, Chan et al., 2012). Als häufigste technische Komplikation wurde die Keramikabsplitterung (Chipping) erfasst (n=4), diese trat dreimal bei verschraubten Restaurationen auf, gefolgt von der Schraubenlockerung, welche dreimal alleine und zweimal in Kombination mit dem Verlust der Compositfüllung auftrat. Diese Ergebnisse verlaufen analog zu den in der Literatur beschriebenen Häufigkeiten an Komplikationen. Wittneben et al. untersuchten 397 Implantate und hielten eine technische Komplikationsrate von 24,7% nach 10 Jahren fest. Die häufigste Komplikation bestand ebenfalls im Chipping (20,31%), gefolgt von Abutmentschraubenlockerung (2,57%) und Retentionsverlust (2,06%) (Wittneben, Millen et al., 2014).

Keramikabsplitterungen scheinen bei vollkeramischen Einzelzahnversorgungen häufiger aufzutreten als bei Kronen auf Metallbasis. Mechanische Faktoren, Schichtstärke der verwendeten Keramik, Eigenspannung des Materials sowie Kraftvektor und -größe beeinflussen diesen Vorgang (Schwarz, Schröder et al., 2012). Des Weiteren wird Chipping häufiger bei verschraubten Versorgungen beobachtet, da die Kontinuität der Keramik durch die Schraubenöffnung unterbrochen wird, sodass ein Teil der Keramik an der Schraubenkanalöffnung nicht abgestützt ist (Michalakakis, Hirayama et al., 2003; Vigolo, Givani et al., 2004).

In dieser Diplomarbeit wurde eine Stegfraktur erfasst, welche sechs Jahre nach Eingliederung des Steges auftrat. In vergleichbaren Studien wurde eine ähnliche Inzidenz erfasst (Cakarar, Can et al., 2011). Ursache hierfür könnte die distale Extension sein, welche zwar die Stabilität der Deckprothese verbessert, aber als Hebelarm fungieren und somit zu Stress und Spannung auf dem Steg führen kann (Duyck, Van Oosterwyck et al., 1999). Stegdesign, die Länge der distalen Extension und das Flächenmoment können sich hierbei auf die Ermüdungsfestigkeit des Steges auswirken (Quiryne, Quiryne et al., 2015).

Biologische Komplikationen traten in der vorliegenden Arbeit in allen Gruppen ausschließlich an zementierten Versorgungen in Form von Periimplantitis auf und gingen mit Sondierungstiefen von 7mm-8mm, vermehrtem periimplantärem Knochenverlust (-1,03mm; SD  $\pm$ 1,04), Blutung auf Sondierung und erhöhten Plaque-Indices einher. In allen Fällen wurde eine Periimplantitistherapie eingeleitet. Mehrere Studien kamen zu dem Ergebnis, dass die Inzidenz von biologischen Komplikationen bei zementierten Restaurationen gegenüber verschraubten Restaurationen signifikant höher zu sein scheint (Korsch & Walther, 2015; Kotsakis, Zhang et al., 2016; Sherif, Susarla et al., 2014). Dies könnte auf die erschwerte Entfernung von überschüssigem Zement zurückgeführt werden, vor allem wenn der Restaurationsrand subgingival liegt, um ein ästhetisch ansprechendes Emergenzprofil zu erzielen (Dumbrigue, Abanomi et al., 2002). Das Vorliegen der Periimplantitis wurde bei allen Patient\*innen im Rahmen der Implantatnachsorge erkannt, weshalb ein regelmäßiger Recall für die Diagnose und Therapie maßgebend zu sein scheint (Bidra, Daubert et al., 2016). Trotz der Analogie zur Literatur muss auf die geringen Fallzahlen von Komplikationen in dieser Arbeit hingewiesen werden.

## **4.5 Anamnese und subjektives Empfinden**

Die subjektive Patient\*innenzufriedenheit mit der Implantatversorgung fiel mit einer durchschnittlichen Bewertung von 9,07 Punkten anhand des eigens erstellten Fragebogens sehr gut aus. Eine (wesentliche) Verbesserung der Lebensqualität wurde in 76,3% der Fälle angegeben.

In einer vergleichbaren Studie mit 164 Patient\*innen lag die durchschnittliche Zufriedenheit bei 85,4 von 100 Punkten, was in Prozent umgerechnet, einen leicht geringeren Wert darstellt. Bezüglich Phonetik, Sprache, Reinigung und Kauschwierigkeiten wurden jeweils 85 Punkte oder mehr angegeben (Topçu, Yamalik et al., 2017). In dieser Studie konnten in Prozent etwas höhere Werte erzielt werden, da alle Parameter – ausgenommen die Reinigungsfähigkeit mit 8,98 Punkten - Werte über 9 Punkte erzielt haben.

Patient\*innen, die im Fragebogen Kiefergelenksbeschwerden, Knirschen oder Muskelbeschwerden nach der Implantation angegeben hatten, wiesen mit durchschnittlich 9 Punkten eine vergleichbare Zufriedenheit wie Patient\*innen ohne subjektive Beschwerden, auf.

Für die hohe mundgesundheitsbezogene Lebensqualität sprachen auch die OHIP-G 14 Ergebnisse mit einer durchschnittlichen Punktezahl von 3,36. Hier zeigte sich bei Topçu et al. (2017) im Mittel ein vergleichbarer Wert von 2,8 Punkten. In einer weiteren Studie, welche den OHIP-G 14 10 Jahre nach Implantatinsertion bewertete, lag der Durchschnitt bei 11,3 Punkten (Wang, Bäumer et al., 2021). Dies unterscheidet sich stark von dem in dieser Studie ermittelten Wert von 2,7 Punkten in der Gruppe mit über 10 Jahren Implantatliegedauer.

Patient\*innen, die im Gesundheitsfragebogen angaben vermehrt unter Zahnfleischbluten zu leiden, wiesen im Vergleich zu subjektiv beschwerdefreien Patient\*innen einen leicht erhöhten BOP Prozentsatz von 22,09% (SD  $\pm$ 0,41) zu 19,12% (SD  $\pm$ 0,42) auf. Die geringe Diskrepanz dieser beiden Werte lässt darauf schließen, dass die Selbsteinschätzung der Patient\*innen gegenüber dem klinischen Befund eher nicht aussagekräftig ist. Deng et al. (2021) konnten in ihrer Studie dahingegen einen Zusammenhang zwischen anamnestisch auftretenden Zahnfleischbluten (37,1 %) und einem erhöhtem BOP von durchschnittlich 25% im Vergleich zu 13,5% bei Proband\*innen die anamnestisch kein Zahnfleischbluten aufwiesen herstellen.

Bei der Auswertung fiel ein signifikant höheres postoperatives marginales Knochenniveau bei Patient\*innen auf die angegeben hatten, in kieferorthopädischer Behandlung gewesen zu sein. Diese Patient\*innen wiesen eine nicht signifikant geringere mittlere Resorption von -0,07mm (allgemeiner Durchschnitt -0,38mm) auf. Ein Erklärungsansatz für diesen Umstand könnte darin liegen, dass Patient\*innen, welche sich in kieferorthopädischer Behandlung befinden eine verbesserte Mundhygiene aufweisen, was auf die wiederholten Mundhygieneaufklärungen und ein intensiveres Monitoring während der Behandlung zurückzuführen ist (Gold, 1975; Yeung, Howell et al., 1989). Dies führt bei Patient\*innen vermutlich zu einer Sensibilisierung für Mundhygiene und daraufhin zu besserem Putzverhalten und weniger Plaqueansammlung auch nach abgeschlossener kieferorthopädischer Therapie (McGlynn, LeCompte et al., 1987). Dadurch ist das Risiko einer Periimplantitis möglicherweise vermindert.

## **5 Konklusion und Limitation**

Im Vergleich mit ähnlicher Literatur liegt die Implantatüberlebensrate mit 98,8% über maximal 27 Jahre leicht über dem Durchschnitt, die jährliche Resorptionsrate gleicht mit -0,1mm Ergebnissen anderer Studien. Generell konnten Analogien bezüglich periimplantärem Knochenrückgang, biologischen bzw. technischen Komplikationen, Risikofaktoren und Patient\*innenzufriedenheit festgestellt werden.

Es sollte erwähnt werden, dass etwaige Risikofaktoren wie Tabak- und Alkoholkonsum, Diabetes mellitus Typ II und insuffiziente Mundhygiene zwar zu erhöhtem periimplantärem Knochenabbau beitragen können, jedoch keine generelle Kontraindikation für eine Implantation darstellen, eher kann hier auf den von der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde gewählten Terminus „Indikationseinschränkung“ zurückgegriffen werden (DGI & DGZMK, 2019).

Retrospektive Studien mit einem ähnlich weit gefächerten Indikationsspektrum lassen sich nur in begrenzter Anzahl finden, meist wurden engere Einschlusskriterien, wie die Wahl eines bestimmten Implantatsystems, eine genau definierte Patient\*innengruppe oder einer bestimmten Art von prothetischer Suprakonstruktion in den vorliegenden pro- und retrospektiven Studien untersucht (Ajanović, Hamzić et al., 2015). Allgemeinere Studien, die ein breiteres Patient\*innenkollektiv erfassen liegen vor allem in Form von Übersichtsarbeiten und Metaanalysen vor (Jung, Pjetursson et al., 2008).

Außerdem konnte in dieser Studie das Vorhandensein von Kombinationen verschiedener Begleitfaktoren, welche sich auf die Resorption auswirken könnten, aufgrund der geringen Menge nicht bei allen Auswertungen berücksichtigt werden.

Vor allem eine geringe Fallzahl an bestimmten Risikofaktoren sowie an biologischen und technischen Komplikationen vermögen die Ergebnisse trotz auftretender Analogie zu vergleichbarer Literatur eventuell zufallsbedingt zu verschleiern.

Weitere Studien mit größeren Fallzahlen wären notwendig, um noch genauere Schlussfolgerungen tätigen zu können.

## 6 Literaturverzeichnis

Aghaloo, T., Pi-Anfruns, J., Moshaverinia, A., Sim, D., Grogan, T., & Hadaya, D. (2019). *The Effects of Systemic Diseases and Medications on Implant Osseointegration: A Systematic Review*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 34, s35-s49.  
<https://doi.org/10.11607/jomi.19suppl.g3>

Ajanović, M., Hamzić, A., Redžepagić, S., Kamber-Ćesir, A., Kazazić, L., & Tosum, S. (2015). *Radiographic Evaluation of Crestal Bone Loss Around Dental Implants in Maxilla and Mandible: One Year Prospective Clinical Study*. *Acta Stomatol Croat*, 49(2), 128-136.  
<https://doi.org/10.15644/asc49/2/6>

Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P., & Eriksson, A. R. (1986). *The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 1(1), 11-25.

Alfadda, S. A. (2018). *Current Evidence on Dental Implants Outcomes in Smokers and Nonsmokers: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *J Oral Implantol*, 44(5), 390-399.  
<https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-17-00313>

Assery, M. (2020). *A 22-Year Follow Up of Immediate Implant Placement without Bone Augmentation: A Case Series Study*. *Journal of Prosthodontics*, 29(2), 101-106.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jopr.13142>

Atwood, D. A. (1963). *Postextraction changes in the adult mandible as illustrated by microradiographs of midsagittal sections and serial cephalometric roentgenograms*. *The Journal of prosthetic dentistry*, 13, 810–824.

Berglundh, J., Romandini, M., Derks, J., Sanz, M., & Berglundh, T. (2021). *Clinical findings and history of bone loss at implant sites*. *Clin Oral Implants Res*, 32(3), 314-323.  
<https://doi.org/10.1111/clr.13701>

Berglundh, T., Armitage, G., Araujo, M. G., Avila-Ortiz, G., Blanco, J., Camargo, P. M., Chen, S., Cochran, D., Derks, J., Figuero, E., Hämmerle, C. H. F., Heitz-Mayfield, L. J. A., Huynh-Ba, G., Iacono, V., Koo, K.-T., Lambert, F., McCauley, L., Quirynen, M., Renvert, S., . . . Zitzmann, N. (2018). *Peri-implant diseases and conditions: Consensus report of workgroup 4 of the 2017 World Workshop on the Classification of Periodontal and Peri-Implant Diseases and Conditions*. *Journal of Clinical Periodontology*, 45, S286-S291. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12957>

Bergstrom, J., & Preber, H. (1994). *Tobacco use as a risk factor*. *J Periodontol* 545-550.

Beschnidt, S. M., Cacaci, C., Dedeoglu, K., Hildebrand, D., Hulla, H., Iglhaut, G., Krennmair, G., Schlee, M., Sipos, P., Stricker, A., & Ackermann, K. L. (2018). *Implant success and survival rates in daily dental practice: 5-year results of a non-interventional study using CAMLOG SCREW-LINE implants with or without platform-switching abutments*. *Int J Implant Dent*, 4(1), 33. <https://doi.org/10.1186/s40729-018-0145-3>

Bidra, A. S., Daubert, D. M., Garcia, L. T., Gauthier, M. F., Kosinski, T. F., Nenn, C. A., Olsen, J. A., Platt, J. A., Wingrove, S. S., Chandler, N. D., & Curtis, D. A. (2016). *A Systematic Review of Recall Regimen and Maintenance Regimen of Patients with Dental Restorations. Part 2: Implant-Borne Restorations*. *Journal of Prosthodontics*, 25(S1), S16-S31. <https://doi.org/10.1111/jopr.12415>

Brånemark, P.-I. (1983). *Osseointegration and its experimental background*. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, 50(3), 399-410.

Broadbent, J. M., Page, L. A. F., Thomson, W. M., & Poulton, R. (2013). *Permanent dentition caries through the first half of life*. *British Dental Journal*, 215(7), E12-E12. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2013.991>

Cakarer, S., Can, T., Yaltirik, M., & Keskin, C. (2011). *Complications associated with the ball, bar and Locator attachments for implant-supported overdentures*. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 16(7), e953-959. <https://doi.org/10.4317/medoral.17312>

Calderon, P. S., Dantas, P. M. C., Montenegro, S. C. L., Carreiro, A. F. P., Oliveira, Â. G. R. C., Dantas, E. M., & Gurgel, B. C. V. (2014). *Technical complications with implant-supported dental prostheses*. *Journal of Oral Science*, 56(2), 179-184.  
<https://doi.org/10.2334/josnurd.56.179>

Carr, B. R., Boggess, W. J., Coburn, J. F., Rekawek, P., Chuang, S.-K., Panchal, N., & Ford, B. P. (2021). *Does alcohol consumption protect against late dental implant failures?* *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology*, 131(6), 631-637.  
<https://doi.org/10.1016/j.oooo.2020.12.008>

Chen, H., Liu, N., Xu, X., Qu, X., & Lu, E. (2013). *Smoking, Radiotherapy, Diabetes and Osteoporosis as Risk Factors for Dental Implant Failure: A Meta-Analysis*. *PLoS ONE*, 8(8), e71955. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071955>

Cheung, M. C., Hopcraft, M. S., & Darby, I. B. (2021a). *Dental Implant Hygiene and Maintenance Protocols: A survey of oral health practitioners in Australia*. *J Dent Hyg*, 95(1), 25-35.

Cheung, M. C., Hopcraft, M. S., & Darby, I. B. (2021b). *Patient-reported oral hygiene and implant outcomes in general dental practice*. *Aust Dent J*, 66(1), 49-60.  
<https://doi.org/10.1111/adj.12806>

Chitumalla, R., Halini Kumari, K. V., Mohapatra, A., Parihar, A. S., Anand, K. S., & Katragadda, P. (2018). *Assessment of Survival Rate of Dental Implants in Patients with Bruxism: A 5-year Retrospective Study*. *Contemp Clin Dent*, 9(Suppl 2), S278-s282.  
[https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_258\\_18](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_258_18)

Chrcanovic, B. R., Kisch, J., Albrektsson, T., & Wennerberg, A. (2018). *A retrospective study on clinical and radiological outcomes of oral implants in patients followed up for a minimum of 20 years*. *Clin Implant Dent Relat Res*, 20(2), 199-207.  
<https://doi.org/10.1111/cid.12571>

Deng, K., Pelekos, G., Jin, L., & Tonetti, M. S. (2021). *Gingival bleeding on brushing as a sentinel sign of gingival inflammation: A diagnostic accuracy trial for the discrimination of periodontal health and disease*. *J Clin Periodontol*, 48(12), 1537-1548.

<https://doi.org/10.1111/jcpe.13545>

DGI, & DGZMK. (2019). *Dentale Implantate bei Patienten mit Immundefizienz*.

Dholam, K. P., & Gurav, S. V. (2012). *Dental implants in irradiated jaws: a literature review*. *J Cancer Res Ther*, 8(85-93).

Dinkelacker, W. (2014). *Implantatprothetik* (1.Auflage). Hrsg. Sindelfingen: Dr.med.dent. Wolfgang Dinkelacker.

Diz, P., Scully, C., & Sanz, M. (2013). *Dental implants in the medically compromised patient*. *J Dent*, 41(3), 195-206. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2012.12.008>

Dumbrigue, H. B., Abanomi, A. A., & Cheng, L. L. (2002). *Techniques to minimize excess luting agent in cement-retained implant restorations*. *J Prosthet Dent*, 87(1), 112-114.

<https://doi.org/10.1067/mpr.2002.119418>

Duyck, J., Van Oosterwyck, H., Vander Sloten, J., De Cooman, M., Puers, R., & Naert, I. (1999). *In vivo forces on oral implants supporting a mandibular overdenture: the influence of attachment system*. *Clin Oral Investig*, 3(4), 201-207.

<https://doi.org/10.1007/s007840050102>

Enkling, N., Moazzin, R., Geers, G., Kokoschka, S., Abou-Ayash, S., & Schimmel, M. (2020). *Clinical outcomes and bone-level alterations around one-piece mini dental implants retaining mandibular overdentures: 5-year follow-up of a prospective cohort study*. *Clin Oral Implants Res*, 31(6), 549-556. <https://doi.org/10.1111/clr.13591>

Ferreira, P. W., Nogueira, P. J., De Araújo Nobre, M. A., Guedes, C. M., & Salvado, F. (2021). *Impact of Mechanical Complications on Success of Dental Implant Treatments: A Case–Control Study*. *European Journal of Dentistry*. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1732802>

French, D., Grandin, H. M., & Ofec, R. (2019). *Retrospective cohort study of 4,591 dental implants: Analysis of risk indicators for bone loss and prevalence of peri-implant mucositis and peri-implantitis*. Journal of Periodontology, 90(7), 691-700.

<https://doi.org/10.1002/jper.18-0236>

Furukawa, T., Matsunaga, S., Morioka, T., Nakano, T., Abe, S., Yoshinari, M., & Yajima, Y. (2019). *Study on bone quality in the human mandible-Alignment of biological apatite crystallites*. Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials, 107(3), 838-846. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34180>

Galindo-Moreno, P., Fauri, M., Avila-Ortiz, G., Fernández-Barbero, J. E., Cabrera-León, A., & Sánchez-Fernández, E. (2005). *Influence of alcohol and tobacco habits on peri-implant marginal bone loss: a prospective study*. Clin Oral Implants Res, 16(5), 579-586. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2005.01148.x>

Galkowska, H., Wojewodzka, U., & Olszewski, W. (2006). *Chemokines, cytokines, and growth factors in keratinocytes and dermal epithelial cells in the margin of chronic diabetic foot ulcers*. Wound Repair Regen, 14(5), 558-565.

Goiato, M. C., dos Santos, D. M., Santiago, J. F. J., Moreno, A., & Pellizzer, E. P. (2014). *Longevity of dental implants in type IV bone: a systematic review*. International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery, 43(9), 1109-1116.

Gold, S. L. (1975). *Plaque-control motivation in orthodontic practice*. Am J Orthod, 68(1), 8-14. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(75\)90156-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(75)90156-6)

Griffin, T. J., & Cheung, W. S. (2004). *The use of short, wide implants in posterior areas with reduced bone height: a retrospective investigation*. J Prosthet Dent, 92(2), 139-144. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2004.05.010>

Grötz, K. A., & Schmidt, B. L. J. (2013). *Handbuch MKG Update*. Hrsg.

Gruber, H., Solar, P., & Ulm, C. (1993). Anatomie und atrophiebedingte Veränderungen der Kieferknochen. In G. Watzek, ed. *Gruber H, Solar P, Ulm CW* (pp. 46-53). Hrsg. Berlin: Quintessenz Verlag.

Gurpinar, B., Yalcin-Ülker, G. M., & Tak, Ö. (2020). *The Use of Angulated Screw Channel Abutment System for Anterior Single-Implant Restorations: A Clinical Report*. 4, 40-44. <https://doi.org/10.35333/ERD.2020.186>

Gutwald, R., Gellrich, N.-C., & Schmelzeisen, R. (2019). *Zahnärztliche Chirurgie und Implantologie* (3. Auflage). Hrsg. Köln: Deutscher Zahnärzterverlag.

Haas, M., & Wimmer, G. (2008). *From periodontal diagnosis to risk profile: Treatment planning based on objective parameters*. Informationen aus Orthodontie & Kieferorthopädie, 40, 1-13.

Hausamen, J., & Schliehake, H. (2000). *Zahnärztliche Chirurgie Band III* (3. Auflage). Hrsg. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Hebel, K. S., & Gajjar, R. C. (1997). *Cement-retained versus screw-retained implant restorations: Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry*. The Journal of Prosthetic Dentistry, 77(1), 28-35. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(97\)70203-8](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(97)70203-8)

Howe, M. S., Keys, W., & Richards, D. (2019). *Long-term (10-year) dental implant survival: A systematic review and sensitivity meta-analysis*. J Dent, 84, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2019.03.008>

Hugger, A., Lange, M., Schindler, H., & Türp, J. (2016). *Begriffsbestimmungen: Funktionsstörung, Dysfunktion, craniomandibuläre Dysfunktion (CMD), Myoarthropathie des Kausystems (MAP)*. Dtsch Zahnärztl Z, 71.

Jacobsen, C., Metzler, P., Rössle, M., Obwegeser, J., Zemann, W., & Grätz, K. W. (2013). *Osteopathology induced by bisphosphonates and dental implants: clinical observations*. Clin Oral Investig, 17(1), 167-175. <https://doi.org/10.1007/s00784-012-0708-2>

Jaffin, R. A., & Berman, C. L. (1991). *The Excessive Loss of Branemark Fixtures in Type IV Bone: A 5-Year Analysis*. Journal of Periodontology, 62(1), 2-4. <https://doi.org/https://doi.org/10.1902/jop.1991.62.1.2>

- Jemt, T., Lindén, B., & Lekholm, U. (1992). *Failures and complications in 127 consecutively placed fixed partial prostheses supported by Brånemark implants: from prosthetic treatment to first annual checkup*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 7(1), 40-44.
- John, M., Miglioretti, D., LeResche, L., Koepsell, T., Hujoel, P., & Micheelis, W. (2006). *German short forms of the Oral Health Impact Profile*. *Community Dent Oral Epidemiol*, 34(4), 277-288.
- Jung, R. E., Pjetursson, B. E., Glauser, R., Zembic, A., Zwahlen, M., & Lang, N. P. (2008). *A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns*. *Clinical Oral Implants Research*, 19(2), 119-130.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2007.01453.x>
- Karlsson, K., Derks, J., Håkansson, J., Wennström, J. L., Petzold, M., & Berglundh, T. (2019). *Interventions for peri-implantitis and their effects on further bone loss: A retrospective analysis of a registry-based cohort*. *Journal of Clinical Periodontology*, 46(8), 872-879. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jcpe.13129>
- Kern, J. S., Kern, T., Wolfart, S., & Heussen, N. (2016). *A systematic review and meta-analysis of removable and fixed implant-supported prostheses in edentulous jaws: post-loading implant loss*. *Clin Oral Implants Res*, 27(2), 174-195.  
<https://doi.org/10.1111/clr.12531>
- Konsensuskonferenz Implantologie. (2014). [online] *Indikationsklassen für Implantatversorgung zur Regelversorgung*. Zugriff am 24. Mai 2021 2014 from <https://www.konsensuskonferenz-implantologie.eu/>
- Korsch, M., & Walther, W. (2015). *Retrospective analysis of loosening of cement-retained vs screw-retained fixed implant-supported reconstructions*. *Quintessence Int*, 46(7), 583-589. <https://doi.org/10.3290/j.qi.a34077>
- Kotsakis, G. A., Zhang, L., Gaillard, P., Raedel, M., Walter, M. H., & Konstantinidis, I. K. (2016). *Investigation of the Association Between Cement Retention and Prevalent Peri-Implant Diseases: A Cross-Sectional Study*. *J Periodontol*, 87(3), 212-220.  
<https://doi.org/10.1902/jop.2015.150450>

Kwiatkowski, T., Hanley Jr, E., & Ramp, W. (1996). *Cigarette smoking and its orthopedic consequences*. Am J Orthop, 25, 590-597.

Lambrecht, J. (2008). *Zahnärztliche Operationen*. Hrsg. Berlin: Quintessenz-Verlags-GmbH.

Lee, C. T., Huang, Y. W., Zhu, L., & Weltman, R. (2017). *Prevalences of peri-implantitis and peri-implant mucositis: systematic review and meta-analysis*. J Dent, 62, 1-12.

<https://doi.org/10.1016/j.jdent.2017.04.011>

Lin, T. H., Chen, L., Cha, J., Jeffcoat, M., Kao, D. W., Nevins, M., & Fiorellini, J. P. (2012). *The effect of cigarette smoking and native bone height on dental implants placed immediately in sinuses grafted by hydraulic condensation*. Int J Periodontics Restorative Dent, 32(3), 255-261.

Llena, C., Calabuig, E., Sanz, J. L., & Melo, M. (2020). *Risk Factors Associated with Carious Lesions in Permanent First Molars in Children: A Seven-Year Retrospective Cohort Study*. Int J Environ Res Public Health, 17(4).

<https://doi.org/10.3390/ijerph17041421>

Lobbezoo, F., Ahlberg, J., Raphael, K., Wetselaar, P., Glaros, A., Kato, T., Santiago, V., Winocur, E., De Laat, A., De Leeuw, R., Koyano, K., Lavigne, G., Svensson, P., & Manfredini, D. (2018). *International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress*. J Oral Rehabil, 45(11), 837-844.

Madrid, C., & Sanz, M. (2009). *What impact do systemically administrated bisphosphonates have on oral implant therapy? A systematic review*. Clin Oral Implants Res, 20(87-95).

Marx, R. E., & Johnson, R. P. (1987). *Studies in the radiobiology of osteoradionecrosis and their clinical significance*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol, 64, 379-390.

- McGlynn, F. D., LeCompte, E. J., Thomas, R. G., Courts, F. J., & Melamed, B. G. (1987). *Effects of behavioral self-management on oral hygiene adherence among orthodontic patients*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 91(1), 15-21. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(87\)90204-6](https://doi.org/10.1016/0889-5406(87)90204-6)
- Meijer, H. J., Kuiper, J. H., Starmans, F. J., & Bosman, F. (1992). *Stress distribution around dental implants: influence of superstructure, length of implants, and height of mandible*. *J Prosthet Dent*, 68(1), 96-102. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90293-j](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90293-j)
- Michalakis, K. X., Hirayama, H., & Garefis, P. D. (2003). *Cement-retained versus screw-retained implant restorations: a critical review*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 18(5), 719-728.
- Misch, C. E., & Resnik, R. R. (2018). *Misch's avoiding complications in oral implantology* (1. Auflage). Hrsg. St. Louis: Elsevier inc.
- Monje, A., Chan, H.-L., Suárez López del Amo, F., Galindo-Moreno, P., & Wang, H.-L. (2012). *Marginal Bone Loss Around Tilted Implants in Comparison to Straight Implants: A Meta-Analysis*. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, 27, 1576-1583.
- Moraschini, V., & Barboza, E. (2016). *Success of dental implants in smokers and non-smokers: a systematic review and meta-analysis*. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 45(2), 205-215. <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2015.08.996>
- Mustapha, A. D., Salame, Z., & Chrcanovic, B. R. (2021). *Smoking and Dental Implants: A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Medicina (Kaunas)*, 58(1). <https://doi.org/10.3390/medicina58010039>
- Naert, I., Alsaadi, G., van Steenberghe, D., & Quirynen, M. (2004). *A 10-year randomized clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants retaining mandibular overdentures: peri-implant outcome*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(5), 695-702.

Naert, I., Quirynen, M., van Steenberghe, D., & Darius, P. (1992). *A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism*. *J Prosthet Dent*, 67(2), 236-245. [https://doi.org/10.1016/0022-3913\(92\)90461-i](https://doi.org/10.1016/0022-3913(92)90461-i)

Naseri, R., Yaghini, J., & Feizi, A. (2020). *Levels of smoking and dental implants failure: A systematic review and meta-analysis*. *J Clin Periodontol*, 47(4), 518-528. <https://doi.org/10.1111/jcpe.13257>

Naujokat, H., Kunzendorf, B., & Wiltfang, J. (2016). *Dental implants and diabetes mellitus—a systematic review*. *Int J Implant Dent* 2, 5.

Neukamm, F., Wichmann, M., & Wiltfang, J. (2007). *Zahnärztliche Implantologie unter schwierigen Umständen* (1. Auflage). Hrsg. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

O’Leary, T. J., Drake, R. B., & Naylor, J. E. (1972). *The Plaque Control Record*. *Journal of Periodontology*.

Ochoa, O., Torres, F., & Shireman, P. (2007). *Chemokines and diabetic wound healing*. *Vascular*, 15(6), 350-355.

Pai, U. Y., Rodrigues, S. J., Talreja, K. S., & Mundathaje, M. (2018). *Osseodensification - A novel approach in implant dentistry*. *J Indian Prosthodont Soc*, 18(3), 196-200. [https://doi.org/10.4103/jips.jips\\_292\\_17](https://doi.org/10.4103/jips.jips_292_17)

Papaspyridakos, P., Barizan Bordin, T., Kim, Y. J., DeFuria, C., Pagni, S. E., Chochlidakis, K., Rolim Teixeira, E., & Weber, H. P. (2018). *Implant survival rates and biologic complications with implant-supported fixed complete dental prostheses: A retrospective study with up to 12-year follow-up*. *Clin Oral Implants Res*, 29(8), 881-893. <https://doi.org/10.1111/clr.13340>

Quirynen, T., Quirynen, M., & Duyck, J. (2015). *Prevention of distal extension cantilever fracture in mandibular overdentures*. *Journal of Dentistry*, 43(9), 1140-1147. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2015.06.007>

Rasouli Ghahroudi, A., Talaepour, A., Mesgarzadeh, A., Rohn, A., Khorsand, A., Mesgarzadeh, N., & Kharazi Fard, M. (2010). *Radiographic Vertical Bone Loss Evaluation around Dental Implants Following One Year of Functional Loading*. J Dent (Tehran), 7(2), 89-97.

Renouard, F., & Rangert, B. (2000). *Risikofaktoren in der Implantologie: Klinische Diagnostik und Therapie* (1). Hrsg. Berlin: Quintessenz Verlag

Renvert, S., Persson, G. R., Pirih, F. Q., & Camargo, P. M. (2018). *Peri-implant health, peri-implant mucositis, and peri-implantitis: Case definitions and diagnostic considerations*. Journal of Periodontology, 89, S304-S312. <https://doi.org/10.1002/jper.17-0588>

Rodriguez, A. M., Orenstein, I. H., Morris, H. F., & Ochi, S. (2000). *Survival of various implant-supported prosthesis designs following 36 months of clinical function*. Ann Periodontol, 5(1), 101-108. <https://doi.org/10.1902/annals.2000.5.1.101>

Roos, J., Sennerby, L., Lekholm, U., Jemt, T., Gröndahl, K., & Albrektsson, T. (1997). *A qualitative and quantitative method for evaluating implant success: a 5-year retrospective analysis of the Brånemark implant*. Int J Oral Maxillofac Implants, 12(4), 504-514.

Ruggiero, S., Dodson, T., Fantasia, J., Goodday, R., Aghaloo, T., Mehrotra, B., & al., e. (2014). *American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons position paper on medication-related osteonecrosis of the jaw-2014 update*. J Oral Maxillofac Surg, 72.

Sailer, I., Mühlemann, S., Zwahlen, M., Hämmerle, C. H., & Schneider, D. (2012). *Cemented and screw-retained implant reconstructions: a systematic review of the survival and complication rates*. Clin Oral Implants Res, 23 Suppl 6, 163-201. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2012.02538.x>

Saravi, B. E., Putz, M., Patzelt, S., Alkalak, A., Uelkuemen, S., & Boeker, M. (2020). *Marginal bone loss around oral implants supporting fixed versus removable prostheses: a systematic review*. International Journal of Implant Dentistry, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40729-020-00217-7>

Sayardoust, S., Gröndahi, K., Johansson, E., Thomsen, P., & Slotte, C. (2013). *nd never-smokers: a retrospective, clinical, radiographic case-control study*. J Periodontol, 84, 1775-1782.

Schimmel, M., Srinivasan, M., McKenna, G., & Müller, F. (2018). *Effect of advanced age and/or systemic medical conditions on dental implant survival: A systematic review and meta-analysis*. Clinical Oral Implants Research, 29(S16), 311-330.

<https://doi.org/10.1111/clr.13288>

Schwarz, S., Schröder, C., Hassel, A., Bömicke, W., & Rammelsberg, P. (2012). *Survival and chipping of zirconia-based and metal-ceramic implant-supported single crowns*. Clin Implant Dent Relat Res, 14 Suppl 1, e119-125. <https://doi.org/10.1111/j.1708-8208.2011.00388.x>

Scolaro, J., Schenker, M., Yannascoli, S., Baldwin, K., Mehta, S., & Ahn, J. (2014). *Cigarette smoking increases complications following fracture: a systematic review*. J Bone Joint Surg Am 96, 674-681.

Serino, G., & Ström, C. (2009). *Peri-implantitis in partially edentulous patients: association with inadequate plaque control*. Clinical Oral Implants Research, 20(2), 169-174. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1600-0501.2008.01627.x>

Shabestari, G., Shayesteh, Y., Khojasteh, A., Alikhasi, M., Moslemi, N., & Aminian, A. (2010). *Implant Placement in Patients with Oral Bisphosphonate Therapy: A Case Series*. Clin Implant Dent Relat Res, 12(175-180).

Shadid, R., & Sadaqa, N. (2012). *A Comparison Between Screw- and Cement-Retained Implant Prostheses. A Literature Review*. Journal of Oral Implantology, 38(3), 298-307. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-10-00146>

- Shaffer, J. R., Polk, D. E., Feingold, E., Wang, X., Cuenco, K. T., Weeks, D. E., Desensi, R. S., Weyant, R. J., Crout, R., McNeil, D. W., & Marazita, M. L. (2013). *Demographic, socioeconomic, and behavioral factors affecting patterns of tooth decay in the permanent dentition: principal components and factor analyses*. *Community Dentistry and Oral Epidemiology*, 41(4), 364-373. <https://doi.org/10.1111/cdoe.12016>
- Sherif, S., Susarla, H. K., Kapos, T., Munoz, D., Chang, B. M., & Wright, R. F. (2014). *A systematic review of screw- versus cement-retained implant-supported fixed restorations*. *J Prosthodont*, 23(1), 1-9. <https://doi.org/10.1111/jopr.12128>
- Shi, J.-Y., Jie, N., Zhuang, L.-F., Zhang, X.-M., Fan, L.-F., & Lai, H.-C. (2018). *Peri-implant conditions and marginal bone loss around cemented and screw-retained single implant crowns in posterior regions: A retrospective cohort study with up to 4 years follow-up*. *PLoS ONE*, 13(2), e0191717. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191717>
- Siebert, T., Jurkovic, R., Statelova, D., & Strecha, J. (2015). *Immediate Implant Placement in a Patient With Osteoporosis Undergoing Bisphosphonate Therapy: 1-Year Preliminary Prospective Study*. *Journal of Oral Implantology*, 41(S1), 360-365. <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-d-13-00063>
- Slade, G., & Spencer, A. (1994). *Development and evaluation of the Oral Health Impact Profile*. *Community Dent Health*, 11(1), 3-11.
- Spiekermann. (1994). In Rateitschak & Wolf (Eds.), *Farbatlanten der Zahnmedizin 10: Implantologie* (1. Auflage, pp. 101). Hrsg. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Stona, P., Kramer, P. F., Vargas-Ferreira, F., Amorim, L. M. D., Coelho, E. M. D. R. B., & Feldens, C. A. (2021). *Socioeconomic and intraoral polarization of untreated caries and tooth loss among male adolescents*. *Brazilian Oral Research*, 35. <https://doi.org/10.1590/1807-3107bor-2021.vol35.0031>
- Strietzel, F. P., Reichart, P. A., Kale, A., Kulkarni, M., Wegner, B., & Kuchler, I. (2007). *Smoking interferes with the prognosis of dental implant treatment: a systematic review and meta-analysis*. *J Clin Periodontol*, 34(6), 523-544. <https://doi.org/10.1111/j.1600-051X.2007.01083.x>

- Strub, J., Kern, M., Türp, J., Witkowski, S., Heydecke, G., & Wolfart, S. (2011). *Curriculum Prothetik Band III* (4. Auflage). Hrsg. Berlin: Quintessenz Verlag.
- Swami, V., Vijayaraghavan, V., & Swami, V. (2016). *Current trends to measure implant stability*. J Indian Prosthodont Soc, 16(2), 124-130. <https://doi.org/10.4103/0972-4052.176539>
- Tallgren, A. (2003). *The continuing reduction of the residual alveolar ridges in complete denture wearers: a mixed-longitudinal study covering 25 years*. The Journal of prosthetic dentistry, 89(5), 427-435. (1972)
- Tam, Y., Kar, K., Nowzari, H., Cha, H. S., & Ahn, K. M. (2014). *Osteonecrosis of the jaw after implant surgery in patients treated with bisphosphonates--a presentation of six consecutive cases*. Clin Implant Dent Relat Res, 16(5), 751-761. <https://doi.org/10.1111/cid.12048>
- Tey, V. H. S., Phillips, R., & Tan, K. (2017). *Five-year retrospective study on success, survival and incidence of complications of single crowns supported by dental implants*. Clin Oral Implants Res, 28(5), 620-625. <https://doi.org/10.1111/clr.12843>
- Tolstunov, L. (2007). *Implant Zones of the Jaws: Implant Location and Related Success Rate*. Journal of Oral Implantology, 33(4), 211-220. [https://doi.org/10.1563/1548-1336\(2007\)33\[211:Izotji\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1563/1548-1336(2007)33[211:Izotji]2.0.Co;2)
- Topçu, A. O., Yamalik, N., Güncü, G. N., Tözüm, T. F., El, H., Uysal, S., & Hersek, N. (2017). *Implant-Site Related and Patient-Based Factors With the Potential to Impact Patients' Satisfaction, Quality of Life Measures and Perceptions Toward Dental Implant Treatment*. Implant Dent, 26(4), 581-591. <https://doi.org/10.1097/id.0000000000000623>
- Travis, J., Pike, R., Imamura, T., & Potempa, J. (1994). *The role of proteolytic enzymes in the development of pulmonary emphysema and periodontal disease*. Am J Respir Crit Care Med, 151.

- Vigolo, P., Givani, A., Majzoub, Z., & Cordioli, G. (2004). *Cemented versus screw-retained implant-supported single-tooth crowns: a 4-year prospective clinical study*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 19(2), 260-265.
- Vissink, A., Burlage, F., Spijkervet, F., & al, e. (2003). *Prevention and treatment of the consequences of head and neck radiotherapy*. *Crit Rev Oral Biol Med*, 14, 213-225.
- Walter, C., Sagheb, K., Bitzer, J., Rahimi-Nedjat, R., & Taylor, K. (2014). *Analysis of reasons for osteonecrosis of the jaws*. *Clin Oral Investig*, 18.
- Wang, Y., Bäumer, D., Ozga, A.-K., Körner, G., & Bäumer, A. (2021). *Patient satisfaction and oral health-related quality of life 10 years after implant placement*. *BMC Oral Health*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01381-3>
- Werkmeister, R., Szulczewski, D., Walteros-Benz, P., & Joos, U. (1999). *Rehabilitation with dental implants of oral cancer patients*. *J Craniomaxillofac Surg*, 1999, 27(38-41).
- Williams, S., Vinyard, C., Wall, C., & Hylander, W. (2009). *Mandibular corpus bone strain in goats and alpacas: implications for understanding the biomechanics of mandibular form in selenodont artiodactyls*. *J Anat* 214(1), 65-78.
- Wittneben, J. G., Millen, C., & Brägger, U. (2014). *Clinical performance of screw- versus cement-retained fixed implant-supported reconstructions--a systematic review*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 29 Suppl, 84-98. <https://doi.org/10.11607/jomi.2014suppl.g2.1>
- Wyatt, C. C., & Zarb, G. A. (1998). *Treatment outcomes of patients with implant-supported fixed partial prostheses*. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 13(2), 204-211.
- Yang, R., Zhang, S. J., Song, S., Liu, X. D., Zhao, G. Q., Zheng, J., Zhao, W. S., & Song, Y. L. (2021). *[Influence of guided bone regeneration on marginal bone loss of implants in the mandible posterior region: a 10-year retrospective cohort study]*. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*, 56(12), 1211-1216. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20211007-00456>

Yeung, S. C., Howell, S., & Fahey, P. (1989). *Oral hygiene program for orthodontic patients*. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 96(3), 208-213. [https://doi.org/10.1016/0889-5406\(89\)90457-5](https://doi.org/10.1016/0889-5406(89)90457-5)

Yu, H.-C., & Kim, Y.-K. (2020). *Fractures of implant fixtures: a retrospective clinical study*. *Maxillofacial Plastic and Reconstructive Surgery*, 42(1). <https://doi.org/10.1186/s40902-020-00258-3>

Zarb, G., & Albrektsson, T. (1991). *Osseointegration- a requiem for the periodontal ligament?- An editorial*. *Int J Periodontics Restorative Dent*, 11(8), 8-91.

Zitzmann, N. U., Walter, C., & Berglundh, T. (2006). *Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Periimplantitis - eine Übersicht*. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift* 61, 642-649.

Zumstein, T., Schütz, S., Sahlin, H., & Sennerby, L. (2019). *Factors influencing marginal bone loss at a hydrophilic implant design placed with or without GBR procedures: A 5-year retrospective study*. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 21(5), 817-826. <https://doi.org/10.1111/cid.12826>

## 6.1 Fragebogen zur subjektiven Patient\*innenzufriedenheit

Klinische Evaluierung von Implantaten im Unterkiefer

Version 02, 21.04.20

Der Fragebogen zur subjektiven PatientInnenzufriedenheit

### A. Allgemeine Angaben

1. Welche Zahnsituation/Versorgung bestand vor der Implantation?

- |                      |                       |                         |                       |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| natürliche Bezahlung | <input type="radio"/> | keine Bezahlung         | <input type="radio"/> |
| Lückengebiss         | <input type="radio"/> | festsetzende Versorgung | <input type="radio"/> |
| Teilprothese         | <input type="radio"/> | Totalprothese           | <input type="radio"/> |

2. Waren Sie mit der damaligen Situation zufrieden?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: nicht zufrieden, 10: sehr zufrieden)

3. Wie kam es zum Zahnverlust?

- |              |                       |              |                       |
|--------------|-----------------------|--------------|-----------------------|
| Trauma       | <input type="radio"/> | Karies       | <input type="radio"/> |
| Parodontitis | <input type="radio"/> | Nichtanlagen | <input type="radio"/> |

4. Traten seit der Implantation irgendwelche Probleme des Kauorgans auf?  
(Zähneknirschen, Kiefergelenksbeschwerden, Probleme der Kaumuskulatur)

ja  nein

Wenn ja,

a. welche?

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| Zähneknirschen             | <input type="radio"/> |
| Kiefergelenksbeschwerden   | <input type="radio"/> |
| Probleme der Kaumuskulatur | <input type="radio"/> |

b. wurden diese therapiert?

Ja  nein

5. Trat seit der Implantation eine Neuerkrankung (allgemeinmedizinisch) auf?

ja  nein

Wenn ja, welche?

### B. Zufriedenheit mit dem Implantat

1. Wie zufrieden sind sie mit dem Gesamtergebnis Ihrer Implantate?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: nicht zufrieden, 10: sehr zufrieden)

Seite 1 von 4

## 2. Warum entschieden Sie sich für ein Implantat?

- kein Beschleifen von Nachbarzähnen   
Ästhetik   
Funktion   
Andere Gründe \_\_\_\_\_

## 3. Würden Sie sich dieser Operation nochmals unterziehen?

- ja  nein   
Wenn nein, warum nicht?  
\_\_\_\_\_

## 4. Kam es seit der Operation zu Implantatverlusten?

- ja  nein   
Wenn ja, wie viele? \_\_\_\_\_  
Wurde nachimplantiert? ja  nein   
Wenn nein, welche Alternativversorgung wurde gewählt?  
\_\_\_\_\_

## 5. Waren / Sind Sie regelmäßig bei der Implantatnachsorge?

- ja  nein

Wenn ja, wie häufig?

- 2x/Jahr   
1x/Jahr   
Seltener

## 6. Traten seit der Implantation Entzündungen im Bereich der Implantatversorgung auf?

- ja  nein

Wenn ja, wurde diese therapiert?

- ja  nein

C. Prothetische Aspekte

## 1. Welche prothetische Versorgung haben Sie zurzeit?

- Einzelzahnkrone   
verblockte Kronen   
Brückenversorgung

- |                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| Hufeisenversorgung          | <input type="radio"/> |
| Teleskopversorgung          | <input type="radio"/> |
| Stegprothese                | <input type="radio"/> |
| Locator-retinierte Prothese | <input type="radio"/> |

## 2. Gab es während der prothetischen Versorgung Probleme?

ja  nein 

- |                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Kronenlockerung mit Neubefestigung | <input type="radio"/> |
| Einschleifen der Krone             | <input type="radio"/> |
| Kronenfraktur/Absplitterung        | <input type="radio"/> |
| insuffizienter Prothesenhalt       | <input type="radio"/> |
| Prothesenbruch                     | <input type="radio"/> |
| Stegfraktur                        | <input type="radio"/> |
| Schraubenlockerung                 | <input type="radio"/> |
| Schraubenfraktur                   | <input type="radio"/> |

## 3. Sind Sie mit der prothetischen Versorgung zufrieden?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: nicht zufrieden, 10: sehr zufrieden)

## 4. Schonen Sie die Implantate?

ja  nein 

Wenn ja, warum? \_\_\_\_\_

## 5. Wie natürlich empfinden Sie das Aussehen Ihrer implantatgetragenen Versorgung?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: unnatürlich, 10: sehr natürlich)

## 6. Wie natürlich empfinden Sie die Weichgewebssituation rund um die Implantate?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: unnatürlich, 10: sehr natürlich)

D. Persönliches Empfinden

## 1. Haben Sie Schwierigkeiten beim Reinigen Ihrer Versorgung?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: große Schwierigkeiten, 10: keine Schwierigkeiten)

2. Haben Sie Schwierigkeiten beim Sprechen?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: große Schwierigkeiten, 10: keine Schwierigkeiten)

3. Haben Sie Schwierigkeiten beim Kauen?

1 \_\_\_\_\_ 10

(1: große Schwierigkeiten, 10: keine Schwierigkeiten)

4. Hat sich Ihre Lebensqualität im Vergleich zu vorher verbessert?

wesentlich verbessert	<input type="radio"/>	gleichgeblieben	<input type="radio"/>
verbessert	<input type="radio"/>	verschlechtert	<input type="radio"/>

Vielen herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!

## 6.2 OHIP G-14

### OHIP-G 14

#### Fragebogen zur mundgesundheitsbezogenen Lebensqualität

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

Hatten Sie <u>im vergangenen Monat</u> aufgrund von Problemen mit Ihren Zähnen, im Mundbereich oder mit Ihrem Zahnersatz ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
... Schwierigkeiten bestimmte Worte auszusprechen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... das Gefühl, Ihr Geschmacksinn war beeinträchtigt?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... den Eindruck, dass Ihr Leben ganz allgemein weniger zufrieden stellend war?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... Schwierigkeiten zu entspannen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

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

Hatten Sie <u>im vergangenen Monat</u> ...	sehr oft	oft	ab und zu	kaum	nie
... Schmerzen im Mundbereich?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
... ein Gefühl der Unsicherheit im Zusammenhang mit Ihren Zähnen, Ihrem Mund oder Ihrem Zahnersatz?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Summe:



OHIP-G 14 \* nach John M, Micheelis W, Biffar R. Einflussfaktoren mundgesundheitsbezogener Lebensqualität - Validierung einer deutschen Kurzversion des Oral Health Impact Profile (OHIP-G 14). Dtsch Zahnärztl Z 2004; 59: 328-333