

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktorin: Prof. Dr. P. Gierthmühlen

Retrospektive Analyse der Überlebens- und Komplikationsrate von  
implantatgetragenen, festsitzendem Zahnersatz

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin  
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von

Maximilian Drehmann

2018

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen  
Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. Alfons Hugger

Zweitgutachter: PD Dr. David Sonntag

Meiner Familie

## Zusammenfassung

Ziel dieser retrospektiven Datenanalyse war es, die klinische Erfolgsrate von implantatgetragenen, festsitzendem Zahnersatz bis zum möglichen Eintritt technischer und biologischer Komplikationen zu untersuchen. Die Restaurationstypen sollten miteinander verglichen werden bzgl. des Risikos für die Entwicklung dieser Komplikationen. Weiterhin sollte zum einen untersucht werden, ob ein Zusammenhang zwischen der Entstehung parodontaler Erkrankungen und dem Auftreten technischer Komplikationen besteht und zum anderen, ob bestimmte Variablen wie Geschlecht, Lokalisation der Versorgung und Implantatdurchmesser einen Einfluss auf die Verweildauer der Restaurationen ausüben.

Das Untersuchungskollektiv bestand aus 274 Patienten mit 485 prothetischen Restaurationen auf 669 inserierten Implantaten. Die Kaplan-Meier Analysen der einzelnen prothetischen Versorgungsfälle erfolgten fallbezogen. Die Überlebenswahrscheinlichkeiten der Implantatsysteme wurden patientenbezogen, randomisiert berechnet. Nach Randomisierung wurden die drei Implantatsysteme Straumann, Zimmer und Camlog ausgewertet und ergaben insgesamt n=257 Implantate. Vergleiche zwischen den einzelnen Versorgungstypen und Implantatsystemen erfolgten mittels Log-Rank-Test.

Die Kaplan Meier Analyse ergab für die 322 nicht verblockten Einzelkronen eine Überlebensrate von 93,9% nach fünf Jahren und 90,7% nach 10 Jahren. Bei den 38 Fällen mit verblockten Kroneneinheiten errechnete sich eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 93,5% nach 5 und 10 Jahren. Unterschiede bei Kronen verblockt vs. nicht verblockt ergaben sich u.a. bei der Dezentrierungsrate ( $p=0,016$ ) und der Verblendfrakturrate ( $p=0,000$ ) zu Gunsten der nicht verblockten Kronen. Die Überlebensrate für die 83 rein implantatgetragenen und 42 zahn-implantatgetragenen Brücken lag bei jeweils 95,2% und 96% nach 5 Jahren und 10 Jahren. Rein implantatgetragene Brücken besaßen ein tendenziell niedrigeres Risiko ( $p=0,062$ ) für Verblendfrakturen im Vergleich zu Hybridbrücken. Die Überlebensraten der Implantatsysteme in der Einheilphase betragen für Straumann 97,2%, für Zimmer 97,4% und für Camlog 96,6%. Die Überlebensrate bis zum Eintritt eines der Misserfolge (Fraktur, Verlust, Abutmentlockerung) während der Belastungsphase betrug für n=147 Straumann Implantate nach fünf Jahren 96,8% und nach 10 Jahren 90,8%. Für die n=77 Zimmer Implantate lag sie nach 5 und 10 Jahren bei jeweils 94,8%, und die Camlog Implantate (n=33) besaßen eine Erfolgswahrscheinlichkeit von 90,1% nach 5 Jahren und 70,1% nach 8 Jahren. Unterschiede zwischen den Überlebensverteilungen der Implantatsysteme ergaben sich beim Vergleich Straumann versus Camlog: Straumann Implantate schnitten signifikant ( $p=0,046$ ) besser ab bzgl. Fraktur und Schraubenlockerung. Die bivariate Verteilungsanalyse von technischen und biologischen Komplikationen ergab keinen signifikanten Zusammenhang. Bei Betrachtung der Lokalisation der Restaurationen ergab sich eine tendenziell höhere Verlustrate ( $p=0,067$ ) im Seitenzahnbereich des Oberkiefers im Vergleich zu den anderen Regionen.

Die Ergebnisse der Studie sind mit denen aus der Literatur vergleichbar und belegen, dass eine enge interdisziplinäre Planung, Therapie und Nachsorge ein Garant für den Langzeiterfolg von Implantaten und prothetischen Restaurationen ist. Trotz der hohen Überlebensraten sind Komplikationen nicht ausgeschlossen und können zu Nachbehandlungen, emotionalen Belastungen und weiteren Kosten führen.

## **Abstract**

The aim of this retrospective study was to determine the success rate of implant-supported restorations. Different kinds of fixed dentures were compared with each other with regard to biological and technical complications. It should be proven if there is a correlation between periodontal diseases and technical complications, and if the survival rate of the restorations is affected by variables like gender, diameter of the implants and location of the restorations.

274 patients were treated with 485 prosthetic restorations and 669 implants inserted altogether. The Kaplan-Meier survival analyses for the restorations were performed case-related and for the implants patient-related, randomized. The randomization concerned Straumann-implants, Camlog-implants and Zimmer-implants and resulted in 257 implants. Comparisons between the various restorations and implant systems were made with log-rank test.

The survival rate of the 322 single-unit crowns was 93,9% after five years, and 90,7% after ten years. The survival rate for the 38 multiple-unit crowns was 93,5% after five and ten years. Differences between these two restoration types were detected in loss of retention rate ( $p=0,016$ ) and veneer fracture rate ( $p=0,000$ ) in favour of the single-unit crowns.

The survival rate for the 83 solely implant-supported, fixed dental prostheses, and 42 tooth-implant supported, fixed dental prostheses was for each 95,2% and 96% after five and ten years. Implant-supported fixed dental prostheses had a tendential less risk for veneer fracture ( $p=0,062$ ) as tooth-implant supported restorations.

The survival rate of the implant systems in the healing phase was 97,2% for Straumann, 97,4% for Zimmer, and 96,6% for Camlog. The survival rate during the loading phase (event: fracture, loss, or loss of abutment) for the 147 Straumann implants was after five years 96,8% and after ten years 90,8%. For the 77 Zimmer implants, it was 94,8% after five and ten years, and for the 33 Camlog implants 90,1% after five years and 70,1% after eight years. The comparison between Straumann and Camlog showed significantly better results ( $p=0,046$ ) regarding fracture and loss of abutment screw. A significant correlation between technical and biological complications was not found. A tendential higher loss of the restorations ( $p=0,067$ ) was found in the posterior maxilla compared to the other regions.

The results of this study are comparable with those of the literature and show that interdisciplinary planning, therapy, and follow-up is a guarantor for long-term success of implants and prosthetic restorations. Despite the high survival rates, complications are not impossible, and can lead to after-treatments, emotional stress and additional costs.

## Abkürzungsverzeichnis

BEMA	Einheitlicher Bewertungsmaßstab für zahnärztliche Leistungen
BOP	Bleeding on Probing
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CR	Cox-Regression
DGI	Deutsche Gesellschaft für Implantologie
DGPro	Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde e.V.
EDI	European Association of Dental Implantologists
E-Modul	Elastizitätsmodul
EM	Edelmetalllegierung
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GOZ	Gebührenordnung für Zahnärzte
$H_0$	Nullhypothese
HR	Hazard Ratio
IL	Interleukin
ISQ	Implantatstabilitäts-Quotient
KZBV	Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung
KMA	Kaplan-Meier-Methode
LR-Test	Log-Rank-Test
N	Nervus
NEM	Nichtedelmetalllegierung
OV	Original Vergrößerung
TNF	Tumornekrosefaktor

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Allgemeine Einleitung	1
1.2	Spezielle Einleitung	4
1.2.1	Festsitzender Zahnersatz und Implantate	4
1.2.2	Kronen	5
1.2.3	Brücken	6
1.2.4	Implantate	8
1.2.5	Werkstoffe für Kronen, Brücken und Implantate	11
1.2.6	Langzeiterfolg von festsitzendem Zahnersatz	14
1.2.7	Technische und biologische Komplikationen	15
2	Problemstellung.....	20
3	Material und Methoden.....	22
3.1	Datenerhebung	22
3.2	Methoden der statistischen Analytik	23
3.3	Patienten	26
4	Ergebnisse .....	27
4.1	Alter- und Geschlechtsverteilung	27
4.2	Implantatsysteme, Region und Abmessungen der Implantate	29
4.3	Prothetische Versorgungstypen	32
4.4	Raucherstatus, Diabetiker	33
4.5	Beobachtungsdauer des Gesamtkollektivs	33
4.5.1	Verteilung der technischen und biologischen Komplikationen im Gesamtkollektiv	33
4.6	Überlebensanalyse implantatgetragene Brücken	38
4.6.1	Überlebensanalyse Verbundbrücken	39
4.6.2	Überlebensdiagramm rein implantatgetragene Brücken und Verbundbrücken	41

4.6.3	Unterschied Überlebensraten zwischen Verbund- und Implantatbrücken	42
4.6.4	Überlebensanalyse Endpfilerbrücken	43
4.6.5	Überlebensanalyse Extensionsbrücken	44
4.6.6	Überlebensdiagramm Endpfiler- und Extensionsbrücke	45
4.6.7	Unterschied Überlebensraten zwischen Endpfilerbrücken und Extensionsbrücken	46
4.6.8	Überlebensanalyse Einzelkronen	47
4.6.9	Überlebensanalyse verblockte Kronen	49
4.6.10	Überlebensdiagramm Einzelkronen und verblockte Kronen	50
4.6.11	Unterschiede der Überlebensverteilungen zwischen Einzelkronen und verblockten Kronen	51
4.7	Bivariate Verteilung von technischen und biologischen Komplikationen	52
4.7.1	Verblendfrakturen und Material der Suprakonstruktion	54
4.7.2	Region der Versorgung und Verblendfrakturen	55
4.7.3	Einfluss der Kovariablen auf die Verweildauer der Restauration	56
4.8	Überlebensanalyse Implantatsysteme	58
4.8.1	Vergleich der Implantatsysteme	61
5	Diskussion.....	62
5.1	Methodenkritik	62
5.2	Überlebensraten und Vergleich der verschiedenen Brückentypen	63
5.3	Überlebensraten und Vergleich Einzelkronen und verblockte Kronen	66
5.4	Erfolgsrate der prothetischen Restaurationen	69
5.4.1	Befestigung Suprakonstruktion: verschraubt vs. zementiert	69
5.4.2	Verblendfrakturen	71
5.4.3	Abutment- Schraubenlockerung	73

5.4.4	Gerüst- und Schraubenfraktur	75
5.4.5	Implantatfraktur	76
5.4.6	Periimplantitis, Mukositis	78
5.5	Zusammenhang zwischen Kovariablen und der Verweildauer der Restauration	81
5.5.1	Geschlecht der Patienten	81
5.5.2	Lokalisation der Suprakonstruktion	82
5.5.3	Gegenbezahnung	82
5.5.4	Durchmesser und Länge der Implantate	83
5.5.5	Tabakkonsum	84
5.5.6	Diabetes mellitus	85
5.6	Zusammenhang zwischen biologischen und technischen Komplikationen	86
5.7	Überlebensanalyse und Vergleich der Implantate	86
6	Schlussfolgerung.....	89
7	Literaturverzeichnis.....	91

# 1 Einleitung

## 1.1 Allgemeine Einleitung

Implantatgetragener Zahnersatz ist heutzutage fester Bestandteil der zahnärztlichen Versorgung. Eine rasante Weiterentwicklung und eine Vielzahl von Implantatsystemen, Operationstechniken und Materialien ermöglichen in vielen Fällen Zahnersatz festsitzend zu gestalten, in denen in der Vergangenheit herausnehmbarer Zahnersatz notwendig war. Implantate verbessern im Vergleich zu herausnehmbaren Prothesen die Lebensqualität der Patienten entscheidend (Gonçalves et al. 2015, Oh et al. 2016). Die jährlich steigende Anzahl der gesetzten Implantate bestätigt diesen Erfolg und auch den Wunsch des Patienten nach einer dem natürlichen Zahn nahekommenden kaufunktionell und ästhetisch hochwertigen Versorgung. Schon Goethe war sich des Stellenwerts eines jugendlichen, unversehrten Gebisses bewusst: „Ich neide nichts“, schrieb der Dichter über die Endlichkeit, „Zahnreihen aber, junge, neidlos anzusehn, das ist die größte Prüfung mein, des Alten“ (Goethe 1836). Durch die Einbeziehung von Implantaten kann das Präparieren und der damit verbundene Substanzabtrag von natürlichen Zähnen in einigen Fällen vermieden werden, insbesondere, wenn diese weder Füllungen, Karies oder künstliche Kronen aufweisen. Nach Präparation und Überkronung zeigen 4% der Zähne nach 5 Jahren röntgenologisch apikale Veränderungen, und nach 10 Jahren kommt es bei 15 % zu einem Vitalitätsverlust mit nachfolgender, notwendiger endodontischer Behandlung (Kerschbaum und Voß 1981). Zudem beugt die Implantation im Bereich des Implantatlagers weiterem Knochen- und Weichgewebsabbau vor (Richter 2005).

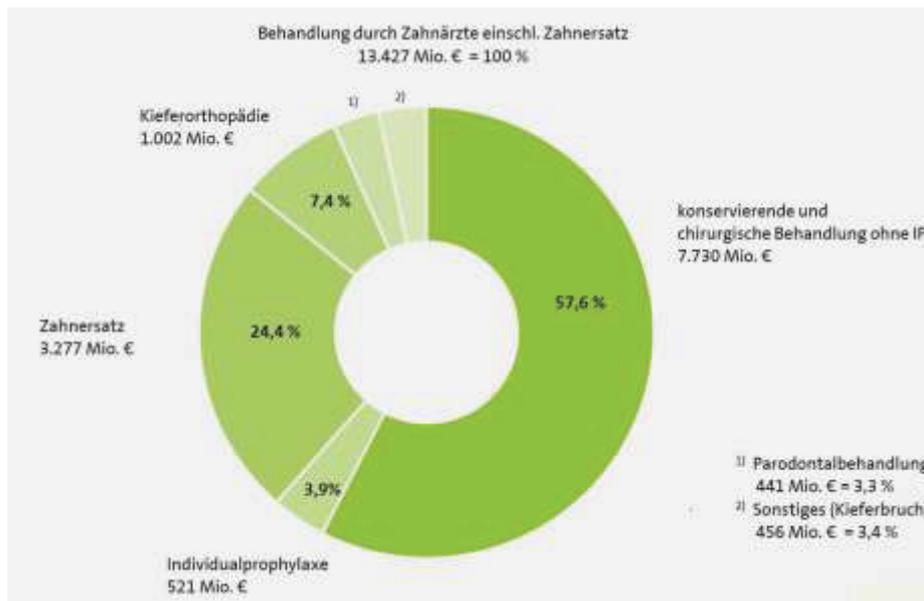
Demgegenüber stehen in der Regel eine längere Behandlungszeit und ein größerer finanzieller Aufwand für den Patienten. Erschwerende Faktoren für die Versorgung mit Implantaten sind u.a. Knochendefizite, anatomische Strukturen wie der Sinus maxillaris, das Foramen mentale und der Nervus alveolaris inferior (Aglietta et al. 2009). Eine genaue Aufklärung und Planung sind im

Vorfeld daher essentiell, da biologische und technische Probleme nach Versorgung mit feststehendem, implantatgetragendem Zahnersatz auftreten können (Brägger et al. 2005, Pjetursson et al. 2014).

Das Ziel dieser retrospektiven Arbeit besteht in der Untersuchung dieser Komplikationen und in der Aufzeigung deren Häufigkeit, um dadurch dem Patienten sicherere Behandlungskonzepte empfehlen zu können. Einige Studien zeigen, dass verbliebene Zementreste in der periimplantären Mukosa nach Zementierung von implantatgetragendem Zahnersatz entzündliche Reaktionen auslösen können (Wilson 2009, Ramer et al. 2014, Korsch und Walther 2015, Frisch et al. 2015). Dies soll hier auch berücksichtigt werden, da in dem untersuchten Patientenkollektiv in der Mehrheit der Fälle die prothetische Versorgung zementiert und nicht verschraubt wurde.

In den Industrienationen sind 1,3% bis 5% der Bevölkerung von Zahnverlust betroffen. Hauptgründe für Zahnextraktionen stellen Karies und Zahnfrakturen dar (Tomasi et al. 2008). In Deutschland ist ein Rückgang kariöser Läsionen und fehlender Zähne festzustellen. Trotzdem fehlten im Jahre 2005 Erwachsenen mittleren Alters durchschnittlich 2,7 Zähne und die Zahl des implantatgetragenen Zahnersatzes ist zwischen 1997 und 2005 über das Dreifache angestiegen (Micheelis und Schiffner 2006). Dies belegen auch die steigenden Implantationszahlen in Deutschland. So wurden laut einer Stellungnahme der DGZMK im Jahr 2000 ca. 200.000 Implantate gesetzt (Neukam 2000). Nach Schätzungen werden mittlerweile ca. 1,2 Mio. Implantate jährlich inseriert, mit steigender Tendenz (Sander 2017). Die meisten Patienten, die mit implantatgetragendem Zahnersatz versorgt werden, sind mittleren Alters (Romeo et al. 2006). Mit steigender Lebenserwartung der Menschen in Deutschland ist ein funktionstüchtiger und langlebiger Zahnersatz wünschenswert. Auch vor dem Hintergrund, dass vermehrt ältere Patienten eine implantatprothetische Behandlung anstreben (Micheelis und Schiffner 2006). Beachtet werden sollten aber auch, wie beschrieben, die im Vergleich zu konventionellem Zahnersatz höheren Kosten.

Die Ausgaben der GKV für Zahnersatz beliefen sich 2015 auf 3,277 Mrd. Euro (Abb.1). Bezogen auf die gesamten Kosten für die zahnärztliche Behandlung, die ohne Zahnersatz 10,15 Mrd. Euro im Jahr 2015 betrug, macht die Versorgung mit Zahnersatz mit einem Anteil von 24,4% fast ein Drittel der zahnärztlichen Leistungsausgaben aus und lag seit 2010 immer über 3 Mrd. Euro pro Jahr (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung 2016).



**Abb. 1 GKV: Aufteilung der Ausgaben für zahnärztliche Behandlung 2015 – Deutschland (mit freundlicher Genehmigung der Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung) (Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung 2016)**

Die implantatprothetische Versorgung wird teilweise von den gesetzlichen Krankenkassen bezuschusst, muss aber zu einem großen Teil vom Patienten privat bezahlt werden. Es sind folgende Leistungen in der BEMA enthalten: Die Suprakonstruktion (prothetische Versorgung des Implantates mit einer Krone) gehört zur Regelversorgung, wenn die Nachbarzähne bei einer sogenannten Schaltlücke kariesfrei, nicht überkronungsbedürftig bzw. überkront und parodontal gesund sind, und im zahnlosen, atrophierten Kiefer wird der Festzuschuss für die Prothese auf Implantaten gewährt. Implantate, Implantataufbauten (Abutments) und implantatbedingte Verbindungselemente dagegen gehören nicht zur Regelversorgung und müssen über die GOZ privat abgerechnet werden. Ausnahmen, bei denen die Krankenkassen auch die implantologischen Leistungen übernehmen, sind sogenannte besonders

schwere Fälle, bei welchen eine konventionelle prothetische Therapie nicht möglich ist. Hierzu zählen: Patienten mit größeren Kiefer- und Gesichtsdefekten (bedingt durch Tumore, Entzündungen und Fehlbildungen), bei Nichtanlage eines Großteils der bleibenden Zähne, sowie bei ausgeprägter, dauerhaft bestehender Mundtrockenheit (Xerostomie) und bestimmten muskulären Fehlfunktionen im Mund- und Gesichtsbereich (Gemeinsamer Bundesausschuss 2016).

## **1.2 Spezielle Einleitung**

### **1.2.1 Festsitzender Zahnersatz und Implantate**

Es existieren verschiedene Formen der prothetischen Rehabilitation auf Implantaten. Zunächst können diese in herausnehmbaren und festsitzenden Zahnersatz unterteilt werden. Die in dieser Arbeit untersuchten festsitzenden, prothetischen Versorgungsformen und verwendeten Implantate werden nachfolgend erläutert. Die auf Implantaten befestigten, festsitzenden Suprakonstruktionen können in Kronen und Brücken unterteilt werden. Sie dienen bei Zahnverlust der Wiederherstellung der Kaufunktion, Ästhetik und Phonetik. Durch den Verlust von Zähnen kommt es zu einer Unterbrechung oder Verkürzung der Zahnreihe mit daraus folgenden möglichen Zahnwanderungen (Elongation der Antagonisten, Zahnkipfung), verstärkter Belastung der noch vorhandenen Zähne (Gefahr der verstärkten Abrasion und Zahnlockerung) und Atrophien des ortsständigen Knochens. Im weiteren unbehandelten Verlauf können sich psychische Störungen und Dysfunktionen, wie Knirschen und Pressen, durch eine gesteigerte Aktivität der Kaumuskeln entwickeln, die in fortgeschrittenen Stadien zu Veränderungen der Kiefergelenke führen können (Zitzmann 2004, Richter 2005, Augthun und Mundt 2008, Marxkors 2010).

Ein fehlender Zahn kann konventionell durch eine zahngetragene Endpfeilerbrücke, eine zahngetragene Extensionsbrücke oder mit einer Adhäsivbrücke versorgt werden. Mehrere fehlende Zähne können ebenfalls konventionell mit Endpfeilerbrücken oder einer herausnehmbaren Prothese

therapiert werden. Als Alternative bieten sich bei Einzelzahnlücken Implantatkronen und bei Verlust mehrerer Zähne ebenfalls Implantatkronen und rein implantatgetragene oder implantat-zahngetragene Endpfeiler- und Extensionsbrücken an (Pjetursson et al. 2012). Diese verschiedenen prothetischen Restaurationsformen werden im nächsten Kapitel erläutert.

Es muss nicht zwingend jeder verloren gegangene Zahn ersetzt werden, deswegen sei hier kurz das Konzept der verkürzten Zahnreihe erläutert. Die erforderliche Mindestzahnbogenlänge für eine ausreichende Funktion ist von mehreren lokalen und systemischen Faktoren abhängig. Insbesondere bei älteren Menschen können im Einzelfall sogenannte Freundsituationen (Fehlen eines oder beider Molaren und in extremen Fällen auch des zweiten Prämolaren) unversorgt bleiben. Durch abnehmende motorische Fähigkeiten und begrenzte Adaptionfähigkeit im Alter bietet hier die verkürzte Zahnreihe Vorteile gegenüber aufwendigen, langwierigen implantat-prothetischen Versorgungsmöglichkeiten oder herausnehmbaren Prothesen (Roulet und Zimmer 2003, Augthun und Mundt 2008). Ferner konnte in einer multizentrischen Studie kein Zusammenhang zwischen der Entwicklung craniomandibulärer Dysfunktionen und fehlenden Seitenzähnen festgestellt werden (Reissmann et al. 2014).

### **1.2.2 Kronen**

Prothetische Kronen auf Implantaten werden zur Versorgung einzelner Lücken eingesetzt. Sie unterscheiden sich in ihrer äußeren Form nicht von den natürlichen Zahnkronen. In einer Metaanalyse von Pjetursson et al. aus dem Jahr 2014, in der insgesamt 139 prospektive und retrospektive Studien ausgewertet wurden, kamen die Autoren zu einer 5-Jahres Überlebensrate bei Einzelkronen von 97,2% bei Studien, die nach 2000 publiziert wurden und 92,6% bei Studien mit Veröffentlichung vor 2000. Dieses Ergebnis begründen sie in einer positiven Lernkurve (Pjetursson et al. 2014). Eine weitere, aktuelle Studie kam zu einer Überlebensrate bei implantatgetragenen Kronen von 98,2%. Die Erfolgsrate (keine technischen und biologischen Komplikationen)

betrug 88,9%. Die 266 untersuchten Kronen verteilten sich auf 194 Patienten (Tey et al. 2017).

Kronen können bei nebeneinander liegenden Implantaten einzeln oder miteinander verblockt werden. Einzelkronen haben den Vorteil, dass die Zahnzwischenraumhygiene einfacher umzusetzen ist, und sie besitzen eine größere Unabhängigkeit z.B. im Reparaturfall. Verblockte Restaurationen verteilen die auftretenden Kräfte beim Kauen besser und erhöhen damit den Widerstand gegen Überbelastungen und daraus resultierender möglicher Lockerung der Suprakonstruktion und des Verbindungsteils zwischen Implantat und prothetischer Restauration, dem sogenannten Abutment (Augthun und Mundt 2008).

### **1.2.3 Brücken**

Brückenzahnersatz wird in der prothetischen Therapie eingesetzt, wenn mindestens ein Zahn fehlt. Es können rein implantatgetragene Brücken von Verbund- oder Hybridbrücken unterschieden werden. Weiterhin lassen sich die Brücken in Endfeilerbrücken und Extensionsbrücken unterteilen. Diese jeweiligen Versorgungsformen weisen unterschiedliche Überlebensraten und spezifische Komplikationen auf, die im Folgenden besprochen werden (Aglietta et al. 2009, Pjetursson et al. 2014).

Extensionsbrücken besitzen ein mesiales oder distales Brückenglied (Anhänger). Das Brückenglied liegt also nicht wie bei den unten beschriebenen Endfeilerbrücken zwischen den sogenannten Brückenankern, sondern am Ende der Brücke. Dieser Brückentyp bietet sich an, um umfangreiche chirurgische Behandlungen und höhere Behandlungskosten zu vermeiden, z.B. wenn das regionale Knochenangebot unzureichend ist oder anatomische Strukturen, wie die Kieferhöhle oder das Foramen mentale, eine Implantation erschweren (Torrecillas-Martinez et al. 2014). Eine Übersichtarbeit von Aglietta und Mitarbeitern, die die 5- und 10- Jahres Überlebensrate von Freundbrücken aus fünf Studien ausgewertet hat, fand für implantatgetragene

Extensionsbrücken eine Überlebensrate von 94,3% nach fünf Jahren und nach zehn Jahren von 88,9% (Aglietta et al. 2009). In einer weiteren Metaanalyse ebenfalls aus dem Jahr 2009, die drei Studien beinhaltet, wurde eine 5-Jahres Überlebensrate von 91,9% ermittelt (Zurdo et al. 2009).

Endpfeilerbrücken stellen die häufigste Versorgungsform bei den Brückentypen dar. Hier liegen die Brückenglieder zwischen Implantaten oder natürlichen Zähnen. Implantatgetragene Endpfeilerbrücken weisen, bezogen auf die Überlebensrate von Implantatbrücken, die höchste Überlebensrate auf. Der Unterschied in der Überlebensrate zu Verbund- und Extensionsbrücken wird bei Betrachtung über einen langen Zeitraum besonders deutlich. Pjetursson et al. hat in einer Metaanalyse von insgesamt 32 prospektiven und retrospektiven Studien eine Überlebensrate von 96,4% nach fünf Jahren und 93,9% nach zehn Jahren für implantatgetragene, metallkeramische Endpfeilerbrücken festgestellt (Pjetursson et al. 2012).

Bei Verbund- oder Hybridbrücken bestehen die Pfeiler aus einem natürlichen Zahn und aus einem Implantat, und sie können als Extensions- oder Endpfeilerbrücke vorliegen. Hier ist zu beachten, dass der natürliche Zahn über das Parodont im Alveolarfach des Kieferknochens verankert ist und eine physiologische vertikale Beweglichkeit (Intrusionsweg) unter axialer Kaubelastung von ca. 20 µm aufweist. Das osseointegrierte Implantat dagegen ist starr mit dem Kieferknochen verbunden und besitzt einen geringeren Intrusionsweg bei Kaubelastung von ca. 2 µm (Ney 1986). Dieser Sachverhalt führte zu der Hypothese, dass es bei Verbundbrücken zu einer Überbelastung von Implantat, prothetischer Versorgung und periimplantärem Knochen kommen könnte (Weinberg und Kruger 1994). Verbundbrücken haben sich klinisch aber trotzdem bewährt: eine weitere Sekundäranalyse von Pjetursson et al. ermittelte eine durchschnittliche 5- und 10- Jahres Überlebensrate für Hybridbrücken von jeweils 95,5% und 77,8% (Pjetursson et al. 2007).

## 1.2.4 Implantate

Implantate sind künstliche Zahnwurzeln, mit deren Hilfe herausnehmbarer Zahnersatz und das Präparieren von Zähnen durch Pfeilervermehrung reduziert oder vermieden werden kann. Grundvoraussetzungen für das Setzen von Implantaten ist ein guter allgemeinmedizinischer Zustand des Patienten, der zum Beispiel auch die Entfernung von Zähnen zulassen würde. Zudem muss das Hart- und Weichgewebe am Ort der Implantation entzündungsfrei sein. Allgemeinmedizinische Risiken sind, wie auch bei anderen oralchirurgischen Eingriffen: Schmerzen, Blutungen, Schwellungen. Spezielle Risiken stellen iatrogen hervorgerufenen Schäden an Nervstrukturen, insbesondere im Unterkiefer die Verletzung des N. Alveolaris inf. und an Zähnen dar. Im weiteren Verlauf kann es zu Entzündungen des umliegenden Gewebes und zum Verlust des Implantates kommen (Koeck und Wagner 2004, Richter 2005). Als einschränkende Faktoren für eine Implantation können starker Tabakgenuss und Bestrahlungen im Kopf- Halsbereich angesehen werden. Ferner besitzen Patienten unter Bisphosphonattherapie aufgrund einer Osteoporose, insbesondere bei intravenöser Applikation, ein Risiko für die Entwicklung einer Kiefernekrose nach implantologischen Eingriffen. Auch eine mangelnde Compliance und unzureichende Mundhygiene des Patienten sollten einschränkend berücksichtigt werden. Herz- Kreislauf- Erkrankungen, das metabolische Syndrom und Diabetes mellitus stellen hingegen keine absoluten Kontraindikationen dar (Richter 2005, Gómez-de Diego et al. 2014).

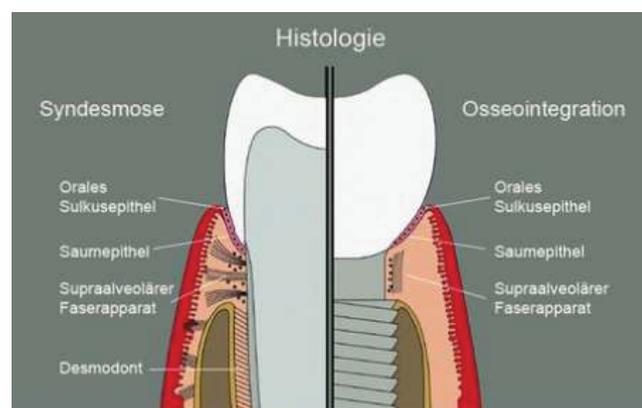
Den Grundstein der modernen dentalen Implantologie setzte Ende der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts der schwedische Forscher und Orthopäde Brånemark. Er entwickelte die ersten Implantate aus dem Werkstoff Titan und formulierte erstmals den Begriff der Osseointegration. Osseointegration bezeichnet den direkten funktionellen und strukturellen Kontakt von Osteoblasten aus dem umgebenden Knochengewebe mit der Implantatoberfläche (Brånemark et al. 1977). Die Grundlage einer erfolgreichen Einheilung des Implantates stellt eine möglichst schonende Vorbereitung des lokalen Knochenlagers mit dem Ziel der Vitalerhaltung des periimplantären

Gewebes dar (Reichart et al. 2001). Abb. 2 zeigt in 45-facher Originalvergrößerung diese Osseointegration eines Titanimplantats 12 Wochen nach Insertion.



**Abb. 2: Vollständige Osseointegration eines Titanimplantates (mit freundlicher Genehmigung des Quintessence Verlags) (Schwarz und Becker 2007)**

Es kommt zu einem festen, ankylotischem also bindegewebsfreien Verbund zwischen Knochen und Implantat. Der natürliche Zahn dagegen ist über das Desmodont, welches aus kollagenen Faserbündeln besteht, mit der Alveole verankert, wodurch die oben beschriebene (Kap. 1.2.3) physiologische Zahnbeweglichkeit entsteht. (Brånemark et al. 1977, Koeck und Wagner 2004). Auf diesen histologischen Unterschied weist Abb. 3 hin.



**Abb. 3: Osseointegration eines Brånemark-Implantats im Vergleich zur Anatomie des natürlichen Zahnhalteapparates (links) (mit freundlicher Genehmigung des Autors) (Palacci 2001)**

Die in der Zahnmedizin verwendeten Implantate bestehen aus Titanlegierungen oder seltener aus Keramik, wie z.B. Zirkonoxid oder Aluminiumoxid. Der Werkstoff Titan hat sich aufgrund seiner guten mechanischen und biologischen Eigenschaften durchgesetzt (Schwarz und Becker 2007).

Weltweit existieren weit über 100 verschiedene Implantatsysteme. Der enossale Teil moderner Implantate besitzt eine zylindrische, seltener auch eine konische Form (Abb. 4) (Koeck und Wagner 2004).



**Abb. 4: Auswahl moderner Implantate. Von links nach rechts: Friadent, Camlog, SteriOss Replace Select, ITI, Astra, Ankylos, Nobel-Biocare, 3i, Calcitek Spline, Compress, Paragon, Semados (mit freundlicher Genehmigung des Urban & Fischer Verlags) (Koeck und Wagner 2004).**

Die Oberflächen dieser alloplastischen Konfektionsteile weisen spezielle Modifikationen auf, um eine feste Verankerung im umliegenden Knochen zu ermöglichen. Die meisten Implantate besitzen Schraubenwindungen, die bei Insertion zu einer hohen Primärstabilität führen (Makroretention). Zusätzlich ist die Implantatoberfläche durch spezielle additive oder subtraktive Verfahren behandelt, die zu einer Oberflächenvergrößerung im knöchernen Teil des Implantates führen und damit die Sekundärstabilität erhöhen (Mikroretention). Zu den subtraktiven Methoden zählen z.B. die Säureätzung, die Thermoätzung und die Aluminiumoxidstrahlung und zu den additiven Techniken die Titan-Plasma-Spray- und Hydroxylapatit Beschichtung (Schwarz und Becker 2007).

Implantate existieren in verschiedenen Längen und Durchmessern, wobei die Auswahl den individuellen Gegebenheiten des Patienten, wie z.B. vorhandenes

Knochenangebot und der Lokalisation angepasst werden muss (Reichart et al. 2001, Richter 2005). Es lassen sich einteilige und zweiteilige Implantatsysteme unterscheiden. Jedes System besitzt gewisse Vor- und Nachteile. Die zweiteiligen Implantate werden aufgrund der zahlreichen und guten Langzeitergebnisse als Goldstandard angesehen (Neumeyer et al. 2014). Diese Implantate können entweder geschlossen (submukosal) oder offen (transmukosal) einheilen. Die Einheilzeit beträgt im Unterkiefer zwischen 3 und 4 Monate und im Oberkiefer etwa 5-6 Monate aufgrund der unterschiedlichen Knochenqualität (Reichart et al. 2001).

Das Abutment (Mesostruktur), welches als Verbindungsteil zwischen Implantat und der prothetischen Versorgung dient und mit dem Implantat bei zweiteiligen Systemen verschraubt wird, kann aus Titan, Edelmetall oder Keramik gefertigt sein. Dadurch entsteht bei den zweiteiligen Systemen am Implantat-Abutment-Interface, also an der Verbindungsstelle zwischen Implantatkörper und Mesostruktur, ein Mikrospace, der von einigen Autoren als problematisch angesehen wird (Zipprich et al. 2007, Neumeyer et al. 2014). Bei den einteiligen Implantaten ist eine genaue chirurgische Platzierung des Implantats aufgrund der vorgegebenen Abutmentangulation zwingend notwendig. Diskrepanzen zwischen Implantatposition und notwendiger Position der prothetischen Suprakonstruktion können bei zweiteiligen Implantaten in einem gewissen Rahmen durch unterschiedlich angulierte Abutments ausgeglichen werden (Kamble et al. 2014).

### **1.2.5 Werkstoffe für Kronen, Brücken und Implantate**

Als Werkstoffe für Kronen und Brücken werden Metalllegierungen und dentale Keramiken benutzt. Sie können jeweils einzeln oder auch in Kombination miteinander für die Herstellung von Restaurationen benutzt werden. Die verwendeten dentalen Werkstoffe sollten wenig sensibilisierend, biokompatibel, mundbeständig und korrosionsfest sein (Diedrichs und Rosenhain 1995). Sie sollten nicht wesentlich härter als der natürliche Zahnschmelz sein, damit es nicht zu einer verstärkten Abnutzung der Gegenbezahnung kommt. Gleichzeitig

sollten sie aber auch möglichst abrasionsfest sein, um einem vorzeitigen Verschleiß der Restauration vorzubeugen.

Edelmetalllegierungen können in nicht- aufbrennfähige (reine Metalllegierungen) und aufbrennfähige Legierungen (Metall-Keramik) unterschieden werden. Die klassischen Bestandteile der nicht- aufbrennfähigen Edelmetalllegierungen sind Gold, Silber, Kupfer, Zink, Platin und Iridium. Durch das Legieren verschiedener Reinelemente verbessern sich deren Eigenschaften für die in der Zahnmedizin gewünschten speziellen Anforderungen. Gold alleine hat eine zu geringe Festigkeit. Durch die Zugabe von Silber und Kupfer wird eine höhere Festigkeit erreicht, ohne dass sich die Korrosionsfestigkeit maßgeblich verringert. Zink führt zu einer verbesserten Aushärtung und Iridium zu einer Kornfeinung mit daraus resultierender höherer Festigkeit. Aufbrennfähige Legierungen können mit einer Verblendkeramik versehen werden und bieten eine deutliche ästhetische Verbesserung. Die ersten aufbrennfähigen Edelmetalllegierungen, die heutzutage auch noch Verwendung finden, bestehen aus Gold, Platin, Palladium und Iridium mit Zusätzen von Silber, Kupfer, Zink, Eisen und Rhenium. Dadurch steigt u.a. die Solidustemperatur der Legierung über die Brenntemperatur der Keramik (Strub et al. 2011).

Nichtedelmetalllegierungen sind aufgrund der stark gestiegenen Gold- und Edelmetallpreise heutzutage ein wichtiger Bestandteil in der zahnärztlichen Praxis. Trotz fehlender Edelmetalle zeigen sie bei geeigneter Zusammensetzung eine hohe Korrosionsresistenz. Es lassen sich zwei Gruppen von Legierungen unterscheiden: Nickel (Ni)-Chrom (Cr)- und Cobalt (Co)-Chrom (Cr)-Legierungen. NiCr-Legierungen müssen zusammen mit Molybdän mindestens 85 Gewichts % ergeben. Um das allergene Potential von Nickel möglichst gering zu halten, also die Freisetzung von Nickel aus der Legierung zu verhindern, sollte der Chromgehalt mindestens 20 Prozent und der Molybdängehalt mindestens 4 Prozent betragen. CoCr-Legierungen enthalten hauptsächlich Kobalt, mindestens 25 Gewichts % Chrom und mindestens 4 Gewichts % Molybdän. Um eine ausreichende Korrosionsfestigkeit zu gewährleisten, müssen diese Legierungen ebenfalls zu

mindestens 85 Gewichtsprozent aus diesen Metallen bestehen (Strub et al. 2011). CoCr-Legierungen für festsitzenden Zahnersatz unterscheiden sich von den Modellgusslegierungen vor allem durch das Fehlen von Kohlenstoff. Dadurch wird die thermische Stabilität beim Aufbrennen von Keramik erhöht und die Härte der Legierung reduziert (Lindigkeit 2002).

Dentalkeramiken besitzen heutzutage, aufgrund der herausragenden Ästhetik, der ausgezeichneten Biokompatibilität und der geringen Plaqueanlagerung einen hohen Stellenwert in der Versorgung des Patienten mit hochwertigem Zahnersatz. Sie ermöglichen in vielen Fällen den Wunsch des Patienten nach einer metallfreien Versorgung (Kohorst und Stiesch-Scholz 2007). Als keramische Werkstoffe werden mineralische, zahnfarbene und metallfreie Verbindungen bezeichnet. Ausgangsmaterial für diese Materialien sind Verbindungen der Kieselsäure (Silikate). Bei der Herstellung werden Pulver und Flüssigkeit gemischt und bei Temperaturen zwischen 700 und 2000 °C gebrannt. Bei diesem als Sinterung bezeichneten Prozess wird ein poröser Formkörper in einen dichten Formkörper unter Zunahme der mechanischen Festigkeit überführt (Marxkors und Meiners 2001). Die Dentalkeramiken bestehen aus Feldspat (60-80 Gewichts %), Quarz (15-25 Gewichts %) und Kaolin (0-5 Gewichts %). Im Vergleich zum Porzellan liegt Kaolin bei den Dentalkeramiken stark reduziert vor (Marxkors und Meiners 2001).

Durch die Entwicklung neuer Hochleistungskeramiken auf Basis von Zirkoniumdioxid ( $ZrO_2$ ) sind nicht nur die Versorgung einzelner Zähne und die Anfertigung kleinerer Brücken im Frontzahnbereich aus Vollkeramik möglich, sondern auch Brücken im Seitenzahnbereich, Implantate und Abutments können aus diesem Material gefertigt werden. Zirkoniumdioxid weist eine hohe Belastbarkeit auf und tritt in Konkurrenz zu den erprobten metallkeramischen Versorgungsmaterialien. Es wird in der Regel aus dem Sand des silbrig glänzenden, relativ weichen Metalls Zirkonium (Zr) in einem aufwändigen Prozess hergestellt. Das am Ende entstandene kristalline Pulver besitzt einen hohen Schmelzpunkt, der bei 2680 °C liegt. Aufgrund des hohen Schmelzpunkts kommen die herkömmlichen Sinter- und Pressverfahren zur weiteren Verarbeitung nicht in Frage, sondern die CAD/CAM Technologien. Mit Hilfe

dieser Verfahren werden aus Zirkondioxidrohlingen z.B. Kronen und Brücken gefräst. Durch zukünftige Langzeituntersuchungen sollte diese vielversprechende Keramik weiter geprüft werden (Kohorst und Stiesch-Scholz 2007).

Über 95% der dentalen Implantate bestehen aus Reintitan. Dieser Werkstoff hat sich aufgrund seiner guten biologischen Verträglichkeit und sehr guten mechanischen Eigenschaften durchgesetzt. Zu diesen Eigenschaften zählen: eine hohe Bruchfestigkeit, eine gute Korrosionsbeständigkeit, ein geringes spezifisches Gewicht, eine geringe Wärmeleitfähigkeit und eine klinisch und experimentell nachgewiesene Knochenanlagerung durch Bildung einer passiven Oxidschicht an der rauen Oberfläche des Reinmetalls. Durch diese Titanoxidschicht sind allergische Reaktionen äußerst selten und eher auf Verunreinigungen des Reintitans mit z.B. Nickel oder Chrom zurückzuführen (Koeck und Wagner 2004, Schütt und von Baehr 2010). Durch Abrieb entstehende Titandioxidpartikel können aber durch Phagozytose von Gewebsmakrophagen aufgenommen werden. Im weiteren Verlauf kann es durch Freisetzung bestimmter Zytokine, wie TNF-Alpha und IL-1Beta, aus diesen Makrophagen zu unspezifischen und chronischen Entzündungsreaktionen kommen. Diese mögliche Titanunverträglichkeit könnte vor einer Implantation aber durch eine Blutuntersuchung festgestellt werden. Es wird angenommen, dass diese entzündlichen Prozesse die Entstehung einer Periimplantitis positiv beeinflussen können. Dies sollte durch zukünftige Studien weiter untersucht werden (Jacobi-Gresser et al. 2013, Blum 2014, Tartsch 2016).

### **1.2.6 Langzeiterfolg von festsitzendem Zahnersatz**

Auf Zähnen befestigte Kronen und Brücken sind seit vielen Jahrzehnten fester Bestandteil der zahnärztlichen Versorgung. Zahlreiche Studien bestätigen gute Langzeitergebnisse bei dieser konventionellen Therapieform (Land und Hopp 2010, Barber und Preston 2008, Pjetursson et al. 2007, Tan et al. 2004).

Der Langzeiterfolg von Zahnersatz kann in verschiedener Weise gemessen werden, da keine standardisierten Verfahren existieren, definieren Autoren ihre Erfolgskriterien individuell. Dies erschwert häufig den Vergleich der Studien miteinander und kann zu einer Bias führen (Patel et al. 2014). Generell kann zwischen der Überlebensrate und der Erfolgsrate unterschieden werden. Pjetursson empfiehlt die Überlebensrate zusammen mit technischen und biologischen Komplikationen anzugeben. Die Überlebensrate bezieht sich hierbei auf die Implantate und den darauf befestigten Zahnersatz. Sie beschreibt den prozentualen Anteil, der zu einem bestimmten Zeitpunkt noch im Mund befindlichen Implantate und der funktionstüchtigen prothetischen Suprakonstruktion. Da diese Rate aber nicht den Zustand der Restauration, des Implantates und des umliegenden Gewebes wiedergibt, werden zusätzlich technische und biologische Komplikationen aufgeführt (Pjetursson et al. 2012, Pjetursson et al. 2014). Das Überleben der Kronen, Brücken oder Implantate wird nach einer festgelegten Beobachtungszeit im Patientenkollektiv ermittelt, d.h. es wird die Rate der im Patienten verbleibenden Kronen, Brücken oder Implantate untersucht. Musste der Zahnersatz ersetzt werden, oder benötigte er eine Folgebehandlung wegen einer Komplikation, war die Erstbehandlung erfolglos. Je nach Definition der Erfolgsrate kann die Behandlung bei erfolgreicher Nachbehandlung (Erhalt des Zahnersatzes), auch wenn eine behandlungsbedürftige Komplikation auftrat, als insgesamt erfolgreich gewertet werden. Die Komplikationsrate gibt dabei die prozentuale Anzahl der Patienten an, bei denen wegen technischer oder biologischer Komplikationen eine Nachbehandlung notwendig war. Das Aufzeigen dieser Komplikationen, um sie in der Zukunft zu vermeiden, ist bedeutend, da durch Erneuerungen, Reparaturen und Modifikationen des Zahnersatzes Folgekosten und emotionale Belastungen für den Patienten und den Behandler entstehen können.

### **1.2.7 Technische und biologische Komplikationen**

Der prothetische Nachsorgebedarf darf trotz der hohen Überlebensrate von implantatgetragenen, festsitzendem Zahnersatz nicht unterschätzt werden. Die

auftretenden Komplikationen können in technische und biologische Probleme eingeteilt werden (Jung et al. 2012, Pjetursson et al. 2012).

Technische Komplikationen sind z. B. Verblendfrakturen (Chipping) in Form von Keramikabplatzungen vom Kronen- oder Brückengerüst, das Lösen einer Krone vom Abutment (Dezementierung), Lockerung des Abutments, Gerüst- und Implantatfrakturen. Ursachen für technische Probleme können u.a. beim behandelnden Zahnarzt oder bei der Herstellung des Zahnersatzes durch das zahntechnische Labor liegen (Brägger et al. 2001, Jung et al. 2008, Pjetursson et al. 2014). Sie sollten nach Pjetursson in drei Schweregrade unterteilt werden (Pjetursson et al. 2012):

- Schwer: Erneuerung der Restauration (Implantat-, Zahnfraktur, Verlust der Suprakonstruktion)
- Mittel: Abutment-, Verblend-, Schrauben- und Gerüstfraktur
- Leicht: Abutment- und Schraubenlockerung, Dezementierung, Verblend-Chipping (polierbar), Adjustierung der Okklusion

Bei biologischen Komplikationen handelt es sich meist um Entzündungen wie Mukositis und Periimplantitis. Bei der Periimplantitis, wie auch bei der Parodontitis, die den natürlichen Zahn betrifft, liegt ein Knochenabbau am Implantatlager vor, mit daraus möglichem Risiko für einen Implantatverlust. Die Mukositis betrifft das umliegende Weichgewebe (Mukosa) ohne pathologischen Knochenabbau und ist im Unterschied zur Periimplantitis reversibel. Klinisch liegt eine Sondierungsblutung (BOP) vor. Die Periimplantitis lässt sich klinisch zusätzlich durch eine erhöhte Sondierungstiefe und radiologisch durch einen Vergleich des Knochenniveaus mit dem postoperativen Röntgenbild diagnostizieren. Nach Implantation liegt ein Knochenabbau von 0,2mm im ersten Jahr post operationem im physiologischen Bereich (Mombelli et al. 2000, Heitz-Mayfield 2008, Lindhe et al. 2008, Sanz et al. 2012).

Die Entstehung der Periimplantitis ist multifaktoriell, primär ursächlich ist aber eine bakterielle Infektion (Mombelli et al. 2012). Zusätzlich spielen u.a. mangelnde Mundhygiene, Nikotin-Abusus und ein schlecht eingestellter Diabetes mellitus eine Rolle (Heitz-Mayfield 2008, Serino und Strom 2009,

Carcuac und Jansson 2010). Eine schlechte Mundhygiene führt zu einer Plaqueanlagerung an Zähnen und Implantaten. Der Biofilm bei der Periimplantitis kann sich dabei von dem der Parodontitis unterscheiden: Neben möglichen klassischen Markerkeimen (wie *Porphyromonas gingivalis*, *Tannerella forsythia* und *Treponema denticola*) können weitere pathogene Erreger auftreten, wie z.B. *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Candida albicans* (Albertini et al. 2015). Die Plaque verursacht eine Entzündung der Gingiva, die dann durch Invasion von immunkompetenten Zellen und deren Ausschüttung von Immunmediatoren zu Gewebeschäden und im weiteren, unbehandeltem Verlauf zu Knochenresorptionen führt (Yucel-Lindberg und Bage 2013).

Genetische Faktoren wie Polymorphismen in den Genen für IL-1, Proteinase 3, Kathepsin C und verschiedenen Komplementfaktoren stellen Risikofaktoren dar, da sie die Menge der ausgeschütteten Immunmediatoren entscheidend beeinflussen können (Andreiotelli et al. 2008, Turkoglu et al. 2014, Vieira und Albandar 2014, Damgaard et al. 2015). Komorbiditäten, die die Durchblutung stören, wie Herzinsuffizienz und genetische Faktoren, die bei Entzündungsreaktionen beteiligt sind, können ebenfalls einen Einfluss auf die Entstehung von entzündlichen Prozessen haben (Carcuac und Jansson 2010, Heasman et al. 2010, Heitz-Mayfield 2008). Es konnte inzwischen nachgewiesen werden, dass zusätzlich zu den genannten Faktoren belassene Zementüberschüsse am Implantat, und damit ein vom Behandler abhängender Faktor, das Risiko einer Periimplantitis erhöhen kann (Wilson 2009, Korsch und Walther 2015). Ein weiterer vom Behandler abhängiger Faktor ist die Vorbereitung des Gewebes bei der Implantatinsertion (Shadid und Sadaqa 2012). Biologische Komplikationen verursachen dabei in der Regel keine Schmerzen, zeigen aber klinische Zeichen wie ein positives BOP, Rötung und Schwellung des Weichgewebes, Sondierungstiefen von mehr als 5 mm und Eiterbildung (Suppuration, PUS) (Gallucci et al. 2011). Deswegen ist die Aufnahme des Patienten in ein Recallprogramm von besonderer Bedeutung, da die entzündlichen Prozesse vom Patienten häufig nicht oder erst in einem späten Stadium bemerkt werden.

Die Prävalenz der Periimplantitis schwankt in der Literatur und zeigt, dass in verschiedenen Veröffentlichungen zwischen 2% und 10% der Implantate betroffen sind (Mombelli et al. 2000, Brägger et al. 2001, Berglundh et al. 2002). In einer Review aus dem Jahr 2012 waren 20% der Implantate und 10% der Patienten betroffen (Mombelli et al. 2012). Bei Verbundbrücken (Zahn- und implantatgetragene Versorgungen) können an den natürlichen Pfeilern als weitere biologische Komplikationen Karies, endodontologische Probleme (Vitalitätsverlust, apikale Entzündungen) und Zahnfrakturen auftreten. Karies ist, wie die Parodontitis eine von mehreren Faktoren abhängige Erkrankung. Hier sind die Zahnhartsubstanzen (Schmelz und Dentin) betroffen, bedingt durch das kariogene Substrat, Bildung von Plaque durch mangelnde Mundhygiene und spezielle Kariesbakterien. Weiterhin spielen die Zusammensetzung des Speichels, genetische Faktoren und die Häufigkeit der Substratzufuhr eine Rolle bei der Entstehung einer Karies (Hellwig et al. 2009). Endodontologische Komplikationen, also den Zahnnerv (Pulpa) betreffende Probleme können zum einen physikalisch-iatrogener Natur sein, wenn z.B. beim Präparieren des Zahnes mit zu hoher Drehzahl, zu viel Anpressdruck, zu wenig Wasserkühlung und ungeeigneten Präparationsinstrumenten gearbeitet wird. Zum anderen können sie bakteriell durch das Belassen von Karies (Kariesrezidiv) bzw. durch Neubildung am Kronenrand (Sekundärkaries), oder chemisch, z.B. durch Reaktionen der Pulpa auf den Befestigungszement, bedingt sein (Hellwig et al. 2009).

Bei der Befestigung von Restaurationen auf Implantaten stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung. Die Versorgung kann mit dem Abutment zementiert oder verschraubt werden. Es existieren zahlreiche Publikationen, die sich mit diesen beiden Verankerungsmethoden beschäftigen (Pietrabissa et al. 2000, Michalakis et al. 2003, Torrado et al. 2004, Cicciù et al. 2008, Shadid und Sadaqa 2012, Wittneben et al. 2014, Martin et al. 2014, de Vasconcellos et al. 2014, Ma und Fenton 2015). Eine in vitro-Studie von Pietrabissa und Mitarbeitern aus dem Jahr 2000 untersuchte den Einfluss von Translations- und Rotationsfehlern in der Passung zwischen prothetischer Versorgung und Implantat. Sie kamen dabei zu dem Schluss, dass zementierte Keramikabutments am wenigstens anfällig auf Translationsfehler reagierten,

während der durch Rotationsfehler verursachte Stress am Implantat bei verschraubten Abutments am geringsten sei (Pietrabissa et al. 2000). Eine weitere in vitro Studie untersuchte die Frakturanfälligkeit von zementierten versus verschraubten Verbindungsteilen bei Metallkeramikronen und stellte fest, dass die Frakturrestistenz bei verschraubten Abutments im Vergleich zu zementierten Abutments signifikant niedriger ist (Torrado et al. 2004). Bei Cicciù et al. waren die Überlebensraten von zementiertem und verschraubtem Zahnersatz nach ca. 3 Jahren Beobachtungszeit mit 98,4% bei zementierten und 100% bei verschraubten Suprakonstruktionen sehr ähnlich, jedoch waren die Fallzahlen mit 762 zementierten zu 84 verschraubten Versorgungungen in dieser Studie sehr unterschiedlich (Cicciù et al. 2008). Eine Metanalyse, die 73 Publikationen zu diesem Thema umfasste, fand heraus, dass sich bei einem Beobachtungszeitraum von fünf bis zehn Jahren die Überlebensraten von verschraubten und zementierten festsitzenden Restaurationen nicht signifikant unterschieden. Sie lagen nach fünf Jahren bei zementierten Restaurationen bei 96,0% und bei den Verschraubten bei 95,6%. Es gab aber Unterschiede in der Häufigkeit von spezifischen technischen und biologischen Komplikationen. Versorgungsartabhängige technische Komplikationen stellten Retentionsverlust und Keramikfrakturen bzw. Chipping dar. Retentionsverlust trat hier häufiger bei den zementierten Restaurationen (5,4% zu 0,6%) auf, wohingegen Keramikfrakturen und Chipping bei verschraubten Versorgungungen (3,6% zu 1,0%) häufiger anzutreffen waren. Keine signifikanten Unterschiede bestanden bei der Rate von Gerüst-, Abutment-, Schrauben- und Implantatfrakturen. Bei den biologischen Komplikationen traten Fisteln bzw. Suppurationen häufiger bei den zementierten Restaurationen (1,7% zu 0,2%) auf. Bzgl. Knochenabbau, Periimplantitis und Mukositis wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt. Die unterschiedlichen Restaurationsarten (implantatgetragene Kronen und Brücken), die Materialien der Mesostruktur (Gold, Titan, Keramik) und die verschiedenen Befestigungszemente hatten ebenfalls keinen Einfluss auf die Misserfolgsrate der prothetischen Rekonstruktion. Die Wahl des Befestigungszementes wirkte sich jedoch auf die Dezementierungsrate aus (Wittneben et al. 2014).

## 2 Problemstellung

Für die prothetische Rehabilitation von Patienten mit fehlenden Zähnen existieren verschiedene Therapiemöglichkeiten. Durch den Einsatz von Implantaten kann in vielen Fällen festsitzender Zahnersatz ermöglicht werden. Ziel dieser retrospektiven Datenanalyse ist es, die klinische Erfolgsrate von implantatgetragenen, festsitzendem Zahnersatz zu untersuchen. Diese Ergebnisse sind essentiell und sollten aufgrund sich ständig weiterentwickelnder Therapiemöglichkeiten und Materialien von Zeit zu Zeit aktualisiert werden, um Patienten die bestmögliche Versorgungsform im jeweils spezifischen Fall empfehlen zu können.

Es soll die Verweildauer (Erfolgsrate) der inserierten, prothetischen Versorgung bis zum Eintritt von technischen Komplikationen (Dezementierung, Verblendfraktur, Gerüstfraktur, Schraubenfraktur, Abutment-/Schraubenlockerung, Implantatfraktur, Erneuerungbedürftigkeit und biologischen Komplikationen (Mukositis/Gingivitis, Parodontitis/Periimplantitis, Implantatverlust in der Belastungsphase, Implantatverlust in der Einheilphase, erforderliches Weichgewebsmanagement, Karies, Zahnverlust) ermittelt werden (Einteilung der Restaurationstypen s.u.). Die einzelnen, eingetretenen Komplikationen werden aufgezeigt und dabei sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- 1.) Wann treten diese Komplikationen auf?
- 2.) Tragen die verschiedenen Arten der prothetischen Versorgungen unterschiedliche Risiken in sich, dass die genannten Komplikationen auftreten?
- 3.) Die Verweildauer und Komplikationsrate von Verbundbrücken (Hybridbrücken), bei denen gleichzeitig natürliche Pfeilerzähne und Implantate als Brückenpfeiler herangezogen wurden, und rein implantatgetragene Brücken sollen miteinander verglichen werden. Sind in diesem Zusammenhang Verbundbrücken eine adäquate Therapiealternative? Erwartet werden darf, dass die Brückenstatik einen Einfluss auf die Erfolgswahrscheinlichkeit implantatgestützten Zahnersatzes hat. Insofern soll zusätzlich auch die

Erfolgswahrscheinlichkeit von Endpfiler- und Extensionsbrücken miteinander verglichen werden.

4.) Wie ist die Erfolgsrate von Einzelkronen auf Implantaten, und wie ist diese bei über einen Kronenverband miteinander primär verbundenen Implantaten?

5.) Besteht ein Zusammenhang zwischen der Entstehung parodontaler Erkrankungen und dem Auftreten technischer Komplikationen?

6.) Besteht ein Zusammenhang zwischen den Variablen Geschlecht der Patienten, Lokalisation der Implantate (Oberkiefer/ Unterkiefer jeweils im Seitenzahn- und Frontbereich), Länge und Durchmesser der Implantate, Gegenbezahnung (natürlich, prothetisch versorgt), Raucherstatus und Diabetes mellitus bezüglich der Verweildauer der Restaurationstypen (implantatgetragene Einzelkronen verblockt/nicht verblockt, Endpfilerbrücken rein implantatgetragen, Extensionsbrücken rein implantatgetragen, Endpfiler-Hybridbrücke, Hybridbrücke mit Extension)?

7.) Wie fällt die Überlebensrate der einzelnen Implantatsysteme aus?

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Datenerhebung**

Es handelt sich um eine retrospektive, pseudoanonymisierte Datenanalyse, in der Patientenakten aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik an der Universität Düsseldorf bezüglich festsitzenden, implantatgetragenen Zahnersatzes ausgewertet wurden. Berücksichtigt wurden Patienten, die sich vom 01.01.2001 bis zum 31.12.2014 in prothetischer Behandlung befanden.

Da es sich hierbei um persönliche Daten handelt, wurde ein positives Votum der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät vom 02.02.2015 mit der Studiennummer 4946 im Vorfeld eingeholt.

Die Erfassung der in Frage kommenden Patienten erfolgte zunächst über eine Sichtung des Kollektivs mittels des zahnärztlichen Softwareprogrammes Evident, mit dessen Hilfe die erbrachten prothetischen Leistungen nach Eingliederung des Zahnersatzes abgerechnet werden. Als Suchbegriff in der Leistungsstatistik des Programmes diente die GOZ Position 9050 (Auswechseln eines oder mehrerer Aufbauelemente bei zweiphasigen Implantatsystemen während der rekonstruktiven Phase). Anschließend wurden aus den Patientenakten folgende Daten erhoben und in Microsoft Excel 14.0 (Microsoft Office Home and Student 2010) übertragen:

- Patientename, Geschlecht und Alter
- Eingliederungsdatum des Zahnersatzes, letzter Eintrag in Patientenakte, Tragedauer
- Datum der Implantation, Implantatsystem, Durchmesser, Länge und Region der Implantate
- Gegenbezahnung
- Art, Region und Material der Versorgung (Suprakonstruktion): Kronen (verblockt/ unblockt), Endfeiler-, Extensions- und Verbundbrücken (Kennzeichnung, ob endodontisch behandelt)
- Material des Abutments (Mesostruktur, individuell/konfektioniert)

- Zementiert oder verschraubt und Befestigungszement
- Röntgenbilder mit Datum
- Raucher/ Nichtraucher
- Allgemeinerkrankungen
- Technische und biologische Komplikationen: Dezementierung, Verblend-Gerüst- Implantat- und Schraubenfraktur, Abutment-Schraubenlockerung, Neuanfertigung der Restauration, Verlust der Versorgung, technische Komplikationen leicht/mittel/schwer, Mukositis/Gingivitis, Parodontitis/Periimplantitis, Implantatverlust Einheil- und Belastungsphase, Weichgewebsmanagement

Die Einteilung der technischen Komplikationen in die 3 Schweregrade ist wie folgt definiert:

- Schwer: Verlust bzw. Erneuerung der Restauration (Implantat-/Zahn-/Gerüstfraktur, Verlust der Suprakonstruktion)
- Mittel: Abutment-/Verblend-/Schraubenfrakturen
- Leicht: Kronenlockerung, Dezementierung, Chipping (polierbar)

### **3.2 Methoden der statistischen Analytik**

Nach Aufnahme der Daten in Excel erfolgte die statistische Auswertung mit SPSS-Statistics nach vorheriger Beratung durch das Koordinierungszentrum für Klinische Studien (KKS) des Universitätsklinikums Düsseldorf unter Anleitung eines Statistikers (Medizinstatistiker/Biometriker, Nottuln).

Die Berechnung der Verweildauer des eingegliederten Zahnersatzes bis zum Eintritt des ersten Ereignisses (biologische/ technische Komplikation) wurde fallbezogen durchgeführt. Es können pro Patient mehrere Versorgungen auftreten.

Die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit für die Implantatsysteme wurde patientenbezogen, randomisiert (ein Implantat pro Patient) durchgeführt. Nach Randomisierung wurden die drei Implantatsysteme Straumann, Zimmer

und Camlog ausgewertet und ergaben insgesamt 257 Fälle (Implantate). Die Fallzahlen der übrigen Implantatsysteme waren für eine statistisch valide Auswertung zu gering und wurden ausgeschlossen. Es wurde in Einheil- und Belastungsphase unterteilt. Für die Überlebenswahrscheinlichkeitsanalyse in der Einheilphase wurde als Startpunkt die Insertion des Implantats und als Endpunkt der Verlust des Implantats festgelegt. Während der Belastungsphase des Implantats waren als Startpunkt die prothetische Eingliederung und als Endpunkt die Ereignisse „Implantatverlust“ bzw. „Implantatfraktur“ oder „Abutment-/ Schraubenlockerung“ definiert. Es wurde für eine rechenbare, valide Analyse das Ereignis Schraubenlockerung hinzugezogen, da nur drei Implantate in der randomisierten Gruppe verloren gegangen sind.

Liegen als Zielgröße der statistischen Analyse teilweise zensierte Zeitdauern bzw. Überlebenszeiten vor (hier: Tragedauern verschiedener Versorgung), so ist konventionell die Kaplan-Meier-Methode das angezeigte Auswertungsverfahren. Hierbei können insbesondere Frequenzen kritischer Ereignisse, d.h.: technische und biologische Komplikationen sowie der Verlust der Versorgung, Zensierungsquoten und, als Hauptinformation, Überlebenswahrscheinlichkeiten für wählbare Zeitpunkte innerhalb des Beobachtungszeitraums (hier: 5, 8 und 10 Jahre) ermittelt werden. Der Kaplan-Meier-Schätzer stellt insofern einen Schätzer der Wahrscheinlichkeit dar, dass bei einem bestimmten Beobachtungsobjekt ein kritisches Ereignis innerhalb eines Zeitintervalls nicht eintritt. Er repräsentiert eine nicht-parametrische Schätzung der Überlebensfunktion im Rahmen einer Ereigniszeitenanalyse. Anhand der grafischen Kaplan-Meier-Kurven lassen sich die Verläufe der Überlebenswahrscheinlichkeiten der untersuchten Kollektive über den Erfassungszeitraum anschaulich darstellen.

Mit Hilfe des nicht-parametrischen Log-Rank-Test als Standardverfahren können die Überlebenszeiten von zwei Gruppen miteinander auf Signifikanz verglichen werden ( $H_0$ : Die Überlebenszeiten sind gleich lang). Hierzu wird nicht nur ein bestimmter Zeitpunkt, sondern das gesamte Beobachtungsintervall betrachtet. Daher dienen die Kaplan-Meier-Kurven zum deskriptiven Vergleich der Überlebenszeiten bzw. Tragedauern der Gruppen bzw. Versorgungsarten.

Um den simultanen Einfluss multipler kategorialer oder kontinuierlicher Variablen, hier der Kovariablen wie etwa Geschlecht, Alter, Raucherstatus, Kieferregion der gesetzten Implantate, Gegenkieferbeziehung und Durchmesser der Implantate – auf die Überlebenszeit vergleichend zu untersuchen, wird die Cox-Regression (CR) als Standardverfahren herangezogen. Die CR bietet neben einer Modelltestung, der Ermittlung einschlägiger Regressionskennwerte und den Signifikanztests der einzelnen Einflussparameter auch die Möglichkeit, mit dem Hazard Ratio (Exponent B) einen Schätzer für die Größe des Einflusses einer Variablen auf die Überlebenszeit zu erhalten.

Während das Hazard die momentane Sterbe- oder Verlustrate der Versorgung für eine Gruppe von Patienten repräsentiert, stellt das Hazard Ratio ein deskriptives Maß für den Vergleich der Überlebenszeiten bzw. Tragedauern zweier Gruppen dar. Es ist im Prinzip wie ein relatives Risiko zu interpretieren. Eine zweidimensionale Kontingenztabelle ermöglicht es, die kombinierte Verteilung zweier kategorialer Variablen (z.B. (1) Region der Implantate: Unter- versus Oberkiefer und (2) Verblendfraktur: ja/nein; oder: (1) Gegenkiefer: natürlich/ prothetisch-versorgt und (2) Verlust der Versorgung: ja/nein) darzustellen und den Zusammenhang dieser beiden Größen mittels Chi-Quadrat-Test auf Signifikanz zu prüfen. Die deskriptive Interpretation der Ergebnisse leitet sich sodann aus der bivariaten Häufigkeitsverteilung bzw. aus den Zellbesetzungen der jeweiligen Kontingenztabelle ab. Ergänzend kann die Angabe eines Zusammenhangskoeffizienten (Stärke des Zusammenhangs) erfolgen, wobei per Konvention bei Vierfeldertafeln Phi und bei Mehrfeldertafeln Kontingenzkoeffizient C und/oder Cramers V genommen wird. Der Binomialtest ist geeignet, zwei Auftretenshäufigkeiten, die ggf. aus einer übergeordneten Kontingenztabelle stammen können, auf signifikanten Unterschied zu testen. Hierbei leitet sich der Wert der Prüfgröße des Tests aus dem Quotenverhältnis der beiden getesteten Frequenzen ab. Als Testquotenverhältnis ( $H_0$ ) wird in der Regel 0.50 : 0.50 verwendet.

Sämtliche Signifikanztests werden zweiseitig ausgeführt. Als Signifikanzniveau wird konventionell  $\alpha=0.05$  (5%) (signifikant) (\*) festgelegt. Aber auch stärkere Signifikanzwerte sollen ggf. berichtet werden:  $\alpha=0.01$  (1%) (sehr signifikant) (\*\*) und  $\alpha=0.001$  (0,1%) (hoch signifikant) (\*\*\*). Sämtliche Berechnungen werden mit der Statistik-Systemsoftware IBM SPSS Statistics Premium, release 24.0, ausgeführt.

### **3.3 Patienten**

Die prothetische Behandlung der Patienten erfolgte gemäß der einheitlichen Verfahrensweise der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Düsseldorf von Assistenzärzten, Oberärzten, Professoren und in wenigen Fällen von Studenten und anderen Fachabteilungen (Zahnerhaltung, Oralchirurgie). Über das zahnärztliche Softwareprogramm Evident wurden zunächst 328 Patienten selektiert, davon konnten 274 Patienten in die Studie übernommen werden. 36 Patienten wurden aufgrund eines zu geringem Follow up von unter drei Monaten nicht übernommen. Aus dem Untersuchungskollektiv von 274 Patienten resultieren insgesamt 485 prothetische Fälle, in denen die Patienten mit festsitzendem, implantatgetragendem Zahnersatz versorgt wurden.

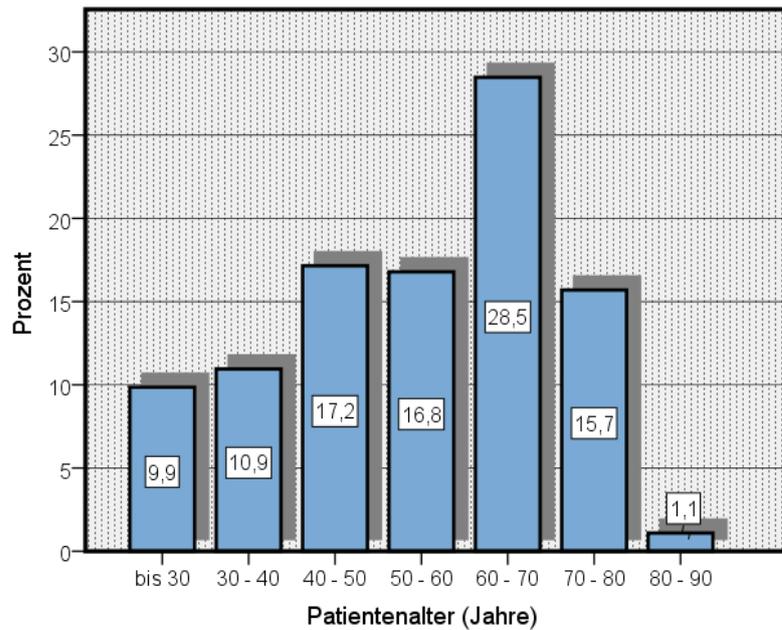
## 4 Ergebnisse

### 4.1 Alter- und Geschlechtsverteilung

Das Alter der Patienten ergab sich aus der Differenz zwischen ihrem Geburtstag und dem Eingliederungsdatum des Zahnersatzes. Das durchschnittliche Patientenalter betrug 53,9 Jahre. Der Medianwert lag bei 57,0 Jahren. Der jüngste Patient war 18 und der älteste Patient 91 Jahre alt bei Eingliederung der prothetischen Restauration (Tab.1).

**Tabelle 1: Deskriptive Statistiken des Patientenalters in der Totalstichprobe**

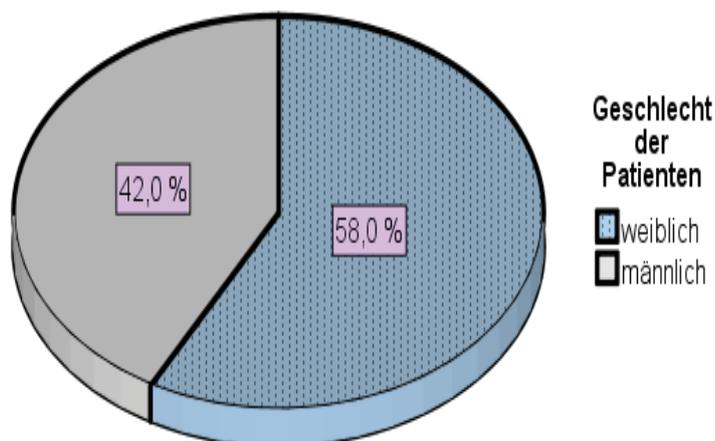
N	Gültig	274
Mittelwert		53,85
Standardabweichung		16,06
Median		57,00
Quartilabstand		23,25
Minimum		18
Maximum		91



**Abb. 5: Verteilung der Altersklassen der Patienten in der Totalstichprobe (N = 274)**

Die Altersklasse zwischen 60 und 70 Jahren machte mit 28,5% den größten Anteil mit feststehendem, implantatgetragenen Zahnersatz aus, wohingegen die Altersgruppe unter 30 Jahren mit 9,9% und die Gruppe der 80-90 Jährigen nur mit 1,1% vertreten war. Die Gruppe der 40-50 Jährigen, die der 50-60 Jährigen und die der 70-80 Jährigen hatten einen Anteil von 17,2%, 16,8% und 15,7% (Abb.5).

Das Untersuchungskollektiv bestand aus 159 Frauen (58%) und 115 Männern (42%), wie in dem Kreisdiagramm in Abb. 6 dargestellt ist.



**Abb. 6: Geschlechtsverteilung der Patienten in der Totalstichprobe (N = 274; weiblich = 159, männlich = 115)**

## 4.2 Implantatsysteme, Region und Abmessungen der Implantate

Von den insgesamt 669 gesetzten Implantaten blieben nach Randomisierung 269 Implantate übrig. Die drei am häufigsten verwendeten Implantatsysteme in dieser randomisierten Stichprobe waren Straumann mit 54,6% und 147 Implantaten, Zimmer mit einem Anteil von 28,6% und 77 Implantaten und Camlog mit 12,3% und 33 Implantaten. Die restlichen Systeme (Implant direkt, Zirkon Implantat 3M Espe, Nobel Biocare, Biomet 3i Osseotite und Frialit) hatten einen Anteil von jeweils unter drei Prozent gehabt (Abb. 7, Tab. 2). Bei zwei Patienten war das Implantatsystem nicht dokumentiert, und drei Patienten wurden mit zwei verschiedenen Implantatsystemen versorgt.

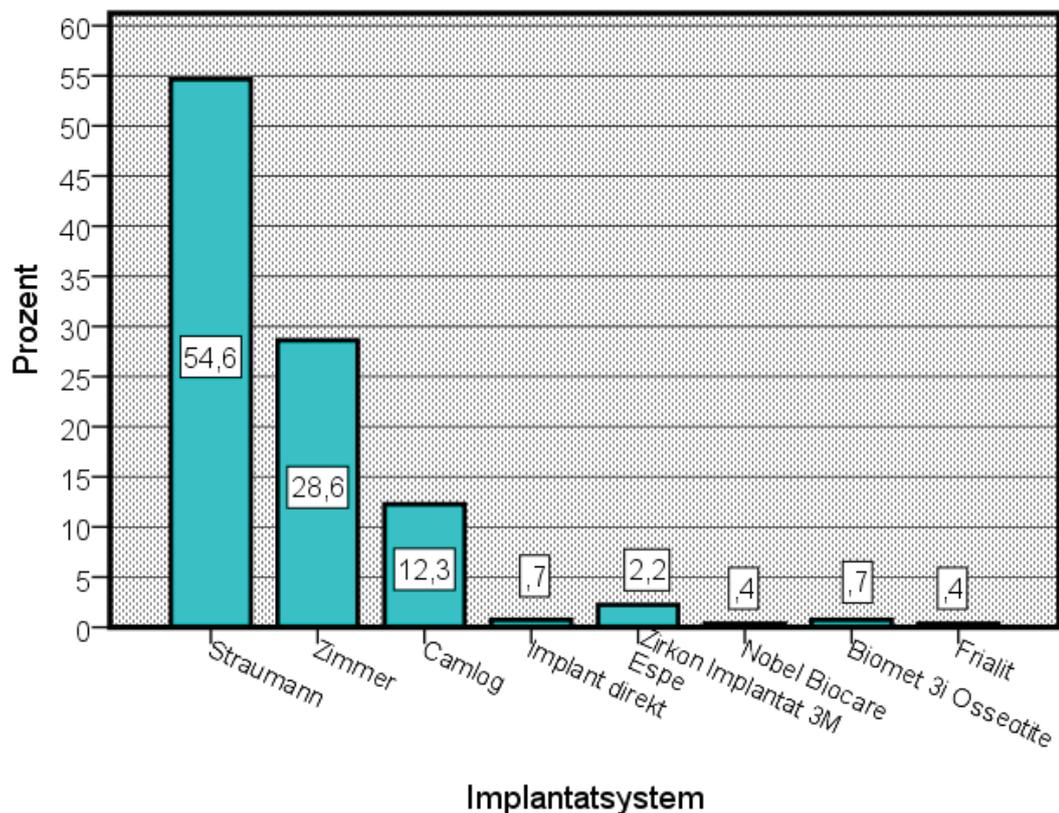


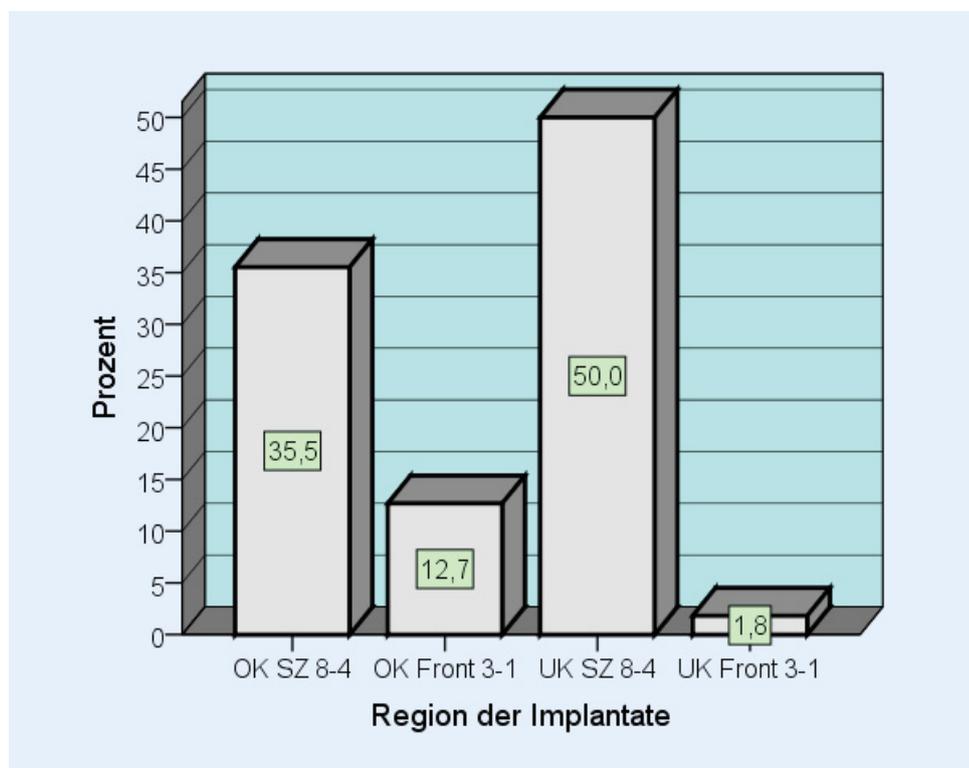
Abb. 7: Verteilung der Implantatsysteme in der randomisierten Stichprobe

**Tabelle 2: Verteilung der Implantatsysteme in der randomisierten Stichprobe**

Implantatsystem	Häufigkeit	Prozent
Straumann	147	54,6
Zimmer	77	28,6
Camlog	33	12,3
Implant direkt	2	0,7
Zirkon Implantat 3M Espe	6	2,2
Nobel Biocare	1	0,4
Biomet 3i Osseotite	2	0,7
Frialit	1	0,4
Gesamt	269	100,0

Missing values n = 5 (2 Patienten ohne Eintrag, 3 Patienten mit je 2 Systemen)

In Abb. 8 ist die Verteilung der Implantate im Ober- und Unterkiefer dargestellt. Die meisten Implantate, mit einer Anzahl von 221 und einem Anteil von 50%, wurden im Unterkieferseitenzahnbereich inseriert, gefolgt vom Oberkieferseitenzahnbereich mit 35,5% und 157 Implantaten. Weniger Implantationen fanden in der Front des Oberkiefers mit 12,7% und 56 Implantaten und in der Front des Unterkiefers mit nur 8 Implantaten und 1,8% statt. Bei 43 Patientenfällen erstreckte sich die Restauration über Seiten- und Frontbereich eines Kiefers mittels Brücken oder verblockten Einzelkronen. Diese Implantate wurden bei der Verteilung nicht berücksichtigt.



**Abb. 8: Verteilung der Region der Implantate in der Gesamtstichprobe**  
 OK SZ 8-4: n = 157      OK=Oberkiefer, UK=Unterkiefer, SZ=Seitenzähne  
 OK Front 3-1: n = 56  
 UK SZ 8-4: n = 221  
 UK Front 3-1: n = 8  
 Total: n = 442, Missing values = 43, N = 485

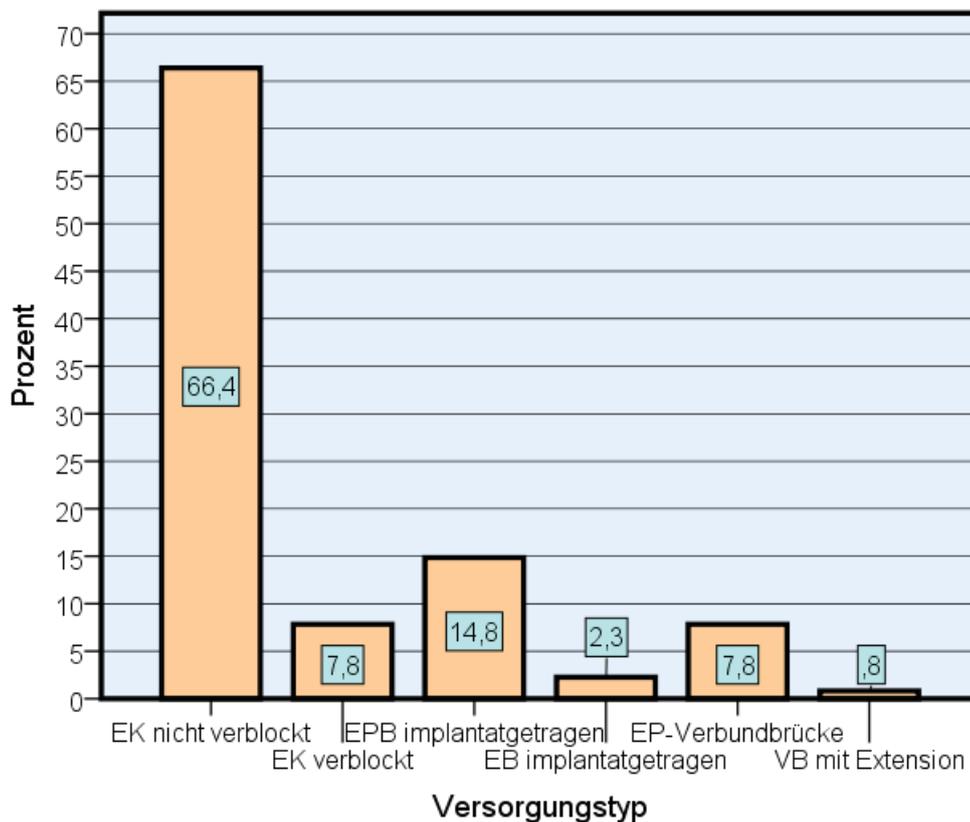
Der Durchmesser der Implantate betrug im Durchschnitt 4,1 mm, das Minimum lag bei 3,0 mm und der größte Durchmesser betrug 5,5 mm. Die Implantatlänge lag bei durchschnittlich 11,4 mm mit einem Minimum von 8 mm und Maximum von 16 mm.

### 4.3 Prothetische Versorgungstypen

Abb. 9 zeigt die Verteilung des festsitzenden Zahnersatzes in der Gesamtstichprobe, n=485. Den weitaus größten Anteil machten hier die nicht verblockten Einzelkronen mit 66,4% und 322 Kronen aus. Verblockte Einzelkroneneinheiten waren dagegen mit 38 Fällen und 7,8% vertreten.

Die implantatgetragenen Endfeilerbrücken und Extensionsbrücken hatten jeweils einen Anteil von 72 mit 14,8% und 11 mit 2,3%.

Bei den Verbundbrücken bestand das Kollektiv aus 38 Endfeilerbrücken (7,8%) und 4 (0,8%) Extensionsbrücken.



**Abb. 9: Verteilung der Versorgungstypen in der Gesamtstichprobe**

EK = Einzelkrone (EK nicht verblockt: n = 322, EK verblockt: n = 38)  
EPB = Endfeilerbrücke (EPB implantatgetragen: n = 72)  
EB = Extensionsbrücke (EB implantatgetrage: n = 11)  
EP = Endfeiler (EP-Verbundbrücke: n = 38)  
VB = Verbundbrücke (VB mit Extension: n = 4)  
N = 485

#### 4.4 Raucherstatus, Diabetiker

In der Studie waren von den 274 Patienten 34 Raucher (12,4%), die sich auf 58 prothetische Fälle verteilten. Bei 26 Patienten war der Raucherstatus nicht dokumentiert. Von dem Gesamtkollektiv waren 12 Diabetiker, also 4,4%. Bei 19 Patienten lag keine Dokumentation diesbezüglich vor. Aufgrund der geringen Zahl war eine statistische Berücksichtigung dieser Erkrankung nicht möglich.

#### 4.5 Beobachtungsdauer des Gesamtkollektivs

Die Beobachtungsdauer der gesamten prothetischen Versorgungen, n=485, betrug im Durchschnitt 1526 Tage und der Median ergab 1305 Tage. Die kürzeste Dauer lag bei 91 Tagen und die längste bei 7181 Tagen.

##### 4.5.1 Verteilung der technischen und biologischen Komplikationen im Gesamtkollektiv

**Tabelle 3: Verteilung der technischen Komplikationen in der Gesamtstichprobe (Mehrfachangaben)**

Komplikation	Anzahl Komplikationen		Prozent der Fälle mit Komplikationen (N = 79)	Prozent der Gesamtstichprobe N = 485
	n	Prozent		
Dezementierung	33	36,7%	43,4%	6,80%
Verblendfraktur	30	33,3%	39,5%	6,19%
Gerüstfraktur	2	2,2%	2,6%	0,41%
Schraubenfraktur	1	1,1%	1,3%	0,21%
Implantatfraktur	6	6,7%	7,9%	1,24%
Abutment- /Schraubenlockerung	18	20,0%	23,7%	3,71%
Gesamt	90	100,0%	118,4%	18,56%

Tab. 3 zeigt die Anzahl der verschiedenen technischen Komplikationen in der Gesamtstichprobe (Kronen und Brücken). Es sind Mehrfachangaben möglich. Das bedeutet, dass bei einer Versorgung im Laufe der Beobachtungszeit

verschiedene Komplikationen auftreten konnten. Technische Komplikationen kamen insgesamt bei 18,56% der Fälle mit einer Anzahl von n=90 vor.

Am häufigsten traten Dezementierungen der Versorgung mit einem Anteil von 6,8% am Gesamtkollektiv und einer Anzahl von 33 Fällen sowie Verblendfrakturen mit 6,2% und 30 Fällen auf. Abutment- bzw. Schraubenlockerungen machten 3,7% aus und betrafen 18 Versorgungen. Es ereigneten sich 6 Implantatfrakturen mit einem Anteil von 1,24% am Gesamtkollektiv. Sehr seltene technische Komplikationen waren mit einer Anzahl von n=1 die Schraubenfraktur (0,21%) und die Gerüstfraktur mit n=2 und einem Anteil von 0,41% am Gesamtkollektiv.

**Tabelle 4: Verteilung des Schweregrades der technischen Komplikation in der Gesamtstichprobe**

Komplikation/ Schweregrad	Häufigkeit	Prozent
keine Komplikation	408	84,1
Leicht	44	9,1
Mittel	11	2,3
Schwer	22	4,5
Gesamt	485	100,0

Tab. 4 teilt die Komplikationen, die in Kap. 2 definiert wurden, in drei Schweregrade auf. Von den insgesamt 485 Versorgungen (Gesamtkollektiv) lagen bei 408 Restaurationen (84,1%) keine biologischen oder technischen Komplikationen vor. Am häufigsten traten leichte Komplikationen (Kronenlockerung, Dezementierung, Chipping), mit 44 Fällen und einem Anteil von 9,1% auf. Mittlere Komplikationen, Abutment- Verblend- und Schraubenfrakturen, betrafen 11 Versorgungen und hatten einen Anteil von 2,3%. Bei 22 Fällen, 4,5%, kam es zu schweren Komplikationen, die zu einem Verlust und ggf. später erfolgenden Neuanfertigung der Versorgung führten.

**Tabelle 5: Auftreten von technischen Komplikationen bei den untersuchten Versorgungstypen**

Komplikation	Statistik	1	2	3	4	5	Total
Nein	Anzahl	281	24	62	30	10	407
	Prozent	88,1%	63,2%	87,3%	78,9%	90,9%	85,3%
Ja	Anzahl	38	14	9	8	1	70
	Prozent	11,9%	36,8%	12,7%	21,1%	9,1%	14,7%
Total	Anzahl	319	38	71	38	11	477
	Prozent	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

1 = Einzelkrone nicht verblockt

Missing values = 8

2 = Einzelkrone verblockt

3 = Endpfeilerbrücke implantatgetragen

4 = Endpfeiler-Verbundbrücke

5 = Extensionsbrücke implantatgetragen

Chi-Quadrat = 18,592\*\*\*; df = 4; p = 0.001

Kontingenzkoeffizient C = 0.19; Cramers V = 0.20

Tab. 5 zeigt die Häufigkeiten technischer Komplikationen auf die einzelnen Versorgungstypen verteilt. Die unterschiedliche Verteilung dieser Komplikationen auf die einzelnen Versorgungstypen ist sehr signifikant ( $p=0,001$ ). Prozentual am stärksten betroffen von Komplikationen waren die verblockten 38 Kroneneinheiten, bei 14 dieser Einheiten, 36,8%, ereigneten sich technische Schwierigkeiten. Bei den 38 Endpfeiler-Verbundbrücken waren 8, also 21,1% betroffen. Komplikationen waren im Vergleich dazu bei den 71 implantatgetragenen Endpfeilerbrücken und den 319 Einzelkronen mit jeweils 12,7% und 11,9% seltener. Die 11 implantatgetragenen Extensionsbrücken hatten die wenigsten technischen Komplikationen mit 9,1%.

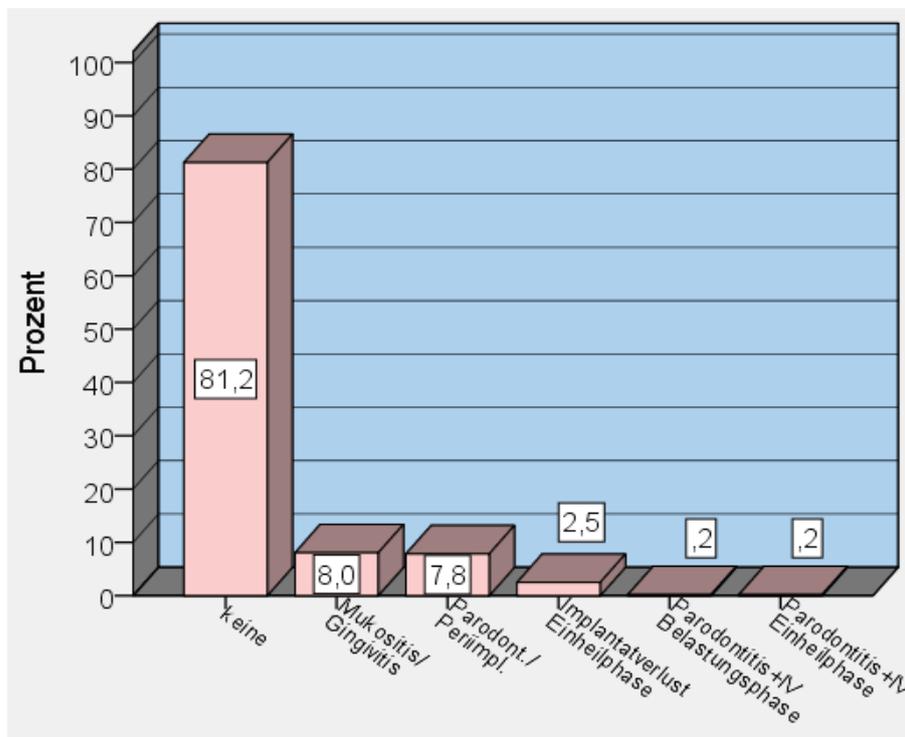
**Tabelle 6: Verteilung der biologischen Komplikationen in der Gesamtstichprobe**

Komplikation	Häufigkeit	Prozent
Keine	394	81,2
Mukositis/ Gingivitis	39	8,0
Parodontitis/ Periimplantitis	38	7,8
Implantatverlust Einheilphase	12	2,5
Parodontitis+IV Belastungsphase	1	,2
Parodontitis+IV Einheilphase	1	,2
Gesamt	485	100,0

IV = Implantatverlust

Tab. 6 und Abb. 10 zeigen die Häufigkeiten der einzelnen biologischen Komplikationen im gesamten Untersuchungskollektiv. Bei 394 Versorgungseinheiten (81,2%) traten keine biologischen Komplikationen auf.

Eine Mukositis/Gingivitis trat bei 39 Fällen mit 8,0% und eine Periimplantitis/Parodontitis bei 38 Fällen mit 7,8% auf.



**Abb.10: Verteilung der biologischen Komplikationen in der Gesamtstichprobe**  
Parodont. = Parodontitis, Periimplant. = Periimplantitis, IV = Implantatverlust

Jeweils bei einem Fall kam es zu einem Implantatverlust zusammen mit einer Parodontitis in der Einheil- und Belastungsphase (jeweils 0,2%).

Bei 12 Fällen (2,5% versorgungsbezogen, n=485 und 1,8% implantatbezogen, n=669) kam es zu einem Implantatverlust in der Einheilphase vor prothetischer Versorgung, die Fälle sind folgend aufgelistet:

1. Hypästhesie des N.alveolaris inferior nach Implantatinsertion (Straumann) im Unterkieferseitenzahngbiet
2. Fraktur des Einbringpfostens beim Setzen des Implantates (Straumann)
3. Implantatlockerung (Zirkonimplantat 3M Espe) 3 Monate nach Implantation im Unterkiefermolarenbereich
4. Implantatlockerung (3M- Espe- Zirkonimplantat) 3 Wochen nach Implantation in der Molarenregion des Unterkiefers
5. Explantation (Zimmer- Implantat) aufgrund krestalem Knocheneinbruchs ein Jahr nach Implantation in der Oberkieferfront
6. Explantation (Straumann- Implantat) nach 6 Wochen aufgrund Implantatlockerung in der Oberkieferfront
7. Lockerung Zimmerimplantat nach 3 Monaten im Oberkieferprämolarenbereich
8. Prothetisch nicht versorgbar, festgestellt 4 Monate post Implantationem (Frialit- Implantat)
9. Prothetisch nicht versorgbar, festgestellt 5 Monate post Implantationem (Implant- direct- Implantat)
10. Explantation Oberkieferfront aufgrund Lockerung (Straumann- Implantat) 11 Monate nach Implantation
11. Lockerung (3M- Espe- Zirkonimplantat) 2 Monate nach Implantation im Unterkiefermolarenbereich
12. Explantation (Camlog- Implantat) nach 7 Monaten aufgrund eines massiven Knocheneinbruchs, Oberkieferprämolarenregion

In der Totalstichprobe, 669 Implantate, kam es in der Funktionsphase in 7 Fällen (1,05%) zum Implantatverlust: Ein Implantat musste aufgrund einer Periimplantitis explantiert werden, 6 Implantate frakturierten.

## 4.6 Überlebensanalyse implantatgetragene Brücken

**Tabelle 7: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Versorgungsart Implantatgetragene Brücken**

Komplikation/ Ereignis	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Verlust Versorgung	83	2	81	97,6	0.952	0.952	0.952
Dezementierung	83	6	77	92,8	0.922	0.922	0.615
Verblendfraktur	83	5	78	94,0	0.925	0.870	0.870
Gerüstfraktur	83	0	83	100,0	1.000	1.000	1.000
Schraubenfraktur	83	0	83	100,0	1.000	1.000	1.000
Implantatfraktur	83	1	82	98,8	0.974	0.974	0.974
Abutment/Schrau- benlockerung	83	1	82	98,8	0.988	0.988	0.988
Mukositis/Gingivitis	83	9	74	89,2	0.876	0.838	0.838
Parodontitis/ Periimplantitis	83	10	73	88,0	0.840	0.770	-
Implantatverlust Belastungsphase	83	1	82	98,8	0.978	0.978	0.978
Weichgewebs- management	83	1	82	98,8	1.000	0.962	0.962

(Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit)  
p(Ü) = Überlebenswahrscheinlichkeit

Tab. 7 zeigt die Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für implantatgetragene Endpfiler und Extensionsbrücken nach 5, 8 und 10 Jahren Beobachtungsdauer. Die Versorgungsarten bestanden aus 72 Endpfiler- und 11 Extensionsbrücken.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit der 83 Brücken - auf den Verlust der Versorgung bezogen - betrug nach 5, 8 und 10 Jahren jeweils 95,2%. Das Risiko für Verblendfrakturen lag nach 5 Jahren bei 8,5% und nach 10 Jahren bei 13% und für Dezementierungen bei 7,8% und 38,5% im selben Zeitraum.

In diesem Kollektiv ereigneten sich keine Gerüst- oder Schraubenfrakturen. In einem Fall frakturierte die Implantatschulter eines Zimmer- Implantates bei einer Endpfilerbrücke im Oberkieferseitenzahnbereich nach 1626 Tagen Tragedauer dieser Restauration. Dieses Implantat hatte einen Durchmesser und eine Länge von 3,7x13 mm. Der Gegenkiefer war prothetisch nicht versorgt.

Bei einer Brücke lockerte sich das Abutment und musste nachgezogen werden.

#### 4.6.1 Überlebensanalyse Verbundbrücken

**Tabelle 8: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Versorgungsart Verbundbrücken**

Komplikation/ Ereignis	Fälle Gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Verlust Versorgung	42	1	41	97,6	0.960	0.960	0.960
Dezementierung	42	4	38	90,5	0.929	0.836	0.836
Verblendfraktur	42	8	34	81,0	0.834	0.684	0.684
Gerüstfraktur	42	1	41	97,6	0.960	0.960	0.960
Schraubenfraktur	42	0	42	100,0	1.000	1.000	1.000
Implantatfraktur	42	0	42	100,0	1.000	1.000	1.000
Abutment/Schrau- benlockerung	42	2	40	95,2	0.945	0.945	0.945
Mukositis/Gingivitis	42	3	39	92,9	0.938	0.844	0.844
Parodontitis/ Periimplantitis	42	7	35	83,3	0.848	0.727	0.727
Implantatverlust Belastungsphase	42	0	42	100,0	1.000	1.000	1.000
Weichgewebs- management	42	1	41	97,6	0.976	0.976	0.976
Karies	42	3	39	92,9	0.938	0.852	0.852

(Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit) p(Ü)=Überlebenswahrscheinlichkeit

In Tab. 8 sind die Fallzahlen und Überlebensanalysen zu Verbundbrücken (Endfeiler- und Extensionbrücken) dargestellt. Insgesamt wurden hier 42 Brücken untersucht, 38 Endfeiler- und 4 Extensionsbrücken. Die 5 und 10 Jahres Überlebenswahrscheinlichkeit dieser Restaurationsform betrug in der Gruppe jeweils 96%.

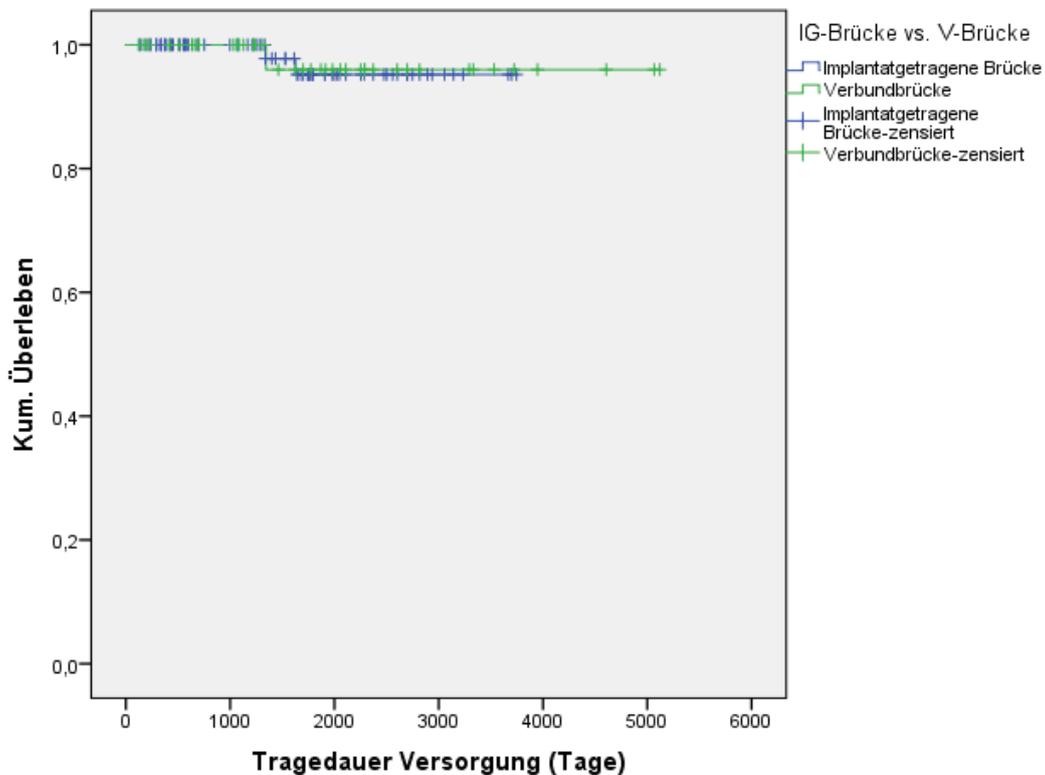
Es ereignete sich ein Ausfall aufgrund einer Gerüstfraktur am Brückenglied bei einer Extensionsbrücke nach 1343 Tagen. Es handelte sich bei der Suprakonstruktion um eine mit Keramik verblendete Goldlegierung. Die Brücke war im Unterkiefer Front- und Seitenzahnbereich lokalisiert, und der Gegenkiefer war mit einer zahngetragenen Brücke versorgt.

Das Risiko für Verblendfrakturen war in dieser Gruppe höher als bei den rein implantatgetragenen Restaurationen und betrug 16,6% nach 5 und 31,6% nach 10 Jahren.

Das Risiko für die Entwicklung parodontaler Erkrankungen lag nach 5 Jahren bei 15,2% und somit in einem ähnlichen Bereich wie bei den rein implantatgetragenen Brücken. Es stieg aber dann nach 8 Jahren im Vergleich etwas stärker, auf 27,3%, an (vgl. Tab. 7 und 8).

An drei natürlichen Pfeilerzähnen wurde eine Karies diagnostiziert mit einem daraus resultierendem Risiko von 6,2% nach 5 Jahren und 14,8% nach 10 Jahren.

#### 4.6.2 Überlebensdiagramm rein implantatgetragene Brücken und Verbundbrücken



**Abb. 11: Kaplan-Meier- Überlebensdiagramm: Zeiten bis zum Verlust der Versorgung für die Versorgungstypen implantatgetragene Brücke und Verbundbrücke**

Nach 1435 Tagen waren noch 41 implantatgetragene Brücken in Funktion, bis zu diesem Zeitpunkt war eine Brücke verloren gegangen. Der 2. und letzte Verlust ereignete sich nach 1626 Tagen. Der letzte zensierte Fall hatte eine Beobachtungsdauer von 3746 Tagen.

Der einzige Verlust bei den Verbundbrücken trat nach 1334 Tagen ein. Nach 1700 Tagen war die Hälfte dieser Brücken noch unter Beobachtung, und die Beobachtungsdauer für die letzte zensierte Verbundbrücke betrug 5121 Tage (Abb.11).

#### 4.6.3 Unterschied Überlebensraten zwischen Verbund- und Implantatbrücken

Tabelle 9: Log Rank-Test auf Unterschied der Überlebensverteilungen bzw. Überlebensraten zwischen den Versorgungsarten: Implantatgetragene Brücken vs. Verbundbrücken

Komplikation/ Ereignis	Chi- Quadrat ( $X^2$ )	P	Größenver- hältnis der Ü-Verteilungen
Verlust Versorgung	0.015	0.903	
Dezementierung	0.034	0.854	
Verblendfraktur	3.494 ts	0.062	IGB > VB
Gerüstfraktur	1.720	0.190	
Schraubenfraktur	-	-	-
Implantatfraktur	0.605	0.437	
Abutment/Schrau- Benlockerung	1.345	0.246	
Mukositis/Gingivitis	0.754	0.385	
Parodontitis/ Periimplantitis	0.003	0.955	
Implantatverlust Belastungsphase	0.556	0.456	
Weichgewebs- Management	0.140	0.708	
Karies	4.903*	0.027	IGB > VB

Ü = Überleben(s), IGB = Implantatgetragene Brücken, VB = Verbundbrücken, Freiheitsgrade (df) des Log Rank-Tests: df = 1,  $X^2$  = Prüfgröße des Tests, p = Signifikanzwert, ts = tendenziell signifikant ( $p \leq 0.10$ ), \* = signifikant ( $p \leq 0.05$ )

Tab. 9 zeigt, dass kein signifikanter Unterschied bzgl. der Überlebensrate (Verlust der Versorgung) zwischen Verbundbrücken und Implantatbrücken in der Studie existierte.

Das Risiko für Verblendfrakturen war bei den implantatgetragenen Brücken tendenziell signifikant niedriger, mit einem p-Wert von 0,062.

Die Gefahr für die Entwicklung einer Karies war bei den Verbundbrücken (erwartungsgemäß) signifikant höher ( $p=0.027$ ).

#### 4.6.4 Überlebensanalyse Endpfilerbrücken

**Tabelle 10: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Versorgungsart Endpfilerbrücken**

Komplikation/ Ereignis	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Verlust Versorgung	110	1	109	99,1	0.982	0.982	0.982
Dezementierung	110	7	103	93,6	0.942	0.900	0.771
Verblendfraktur	110	11	99	90,0	0.905	0.791	0.791
Gerüstfraktur	110	0	110	100,0	1.000	1.000	1.000
Schraubenfraktur	110	0	110	100,0	1.000	1.000	1.000
Implantatfraktur	110	1	109	99,1	0.982	0.982	0.982
Abutment/Schrau- benlockerung	110	2	108	98,2	0.982	0.982	0.982
Mukositis/Gingivitis	110	8	102	92,7	0.925	0.857	0.857
Parodontitis/ Periimplantitis	110	14	96	87,3	0.858	0.720	0.720
Implantatverlust Belastungsphase	110	0	110	100,0	1.000	1.000	1.000
Weichgewebs- management	110	1	109	99,1	1.000	0.974	0.974
Karies	110	2	108	98,2	0.987	0.944	0.944

(Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit)

p(Ü) = Überlebenswahrscheinlichkeit

Die insgesamt 110 Endpfilerbrücken verteilten sich auf 72 rein implantatgetragene und 38 zahn-implantatgetragene Brücken. Die Überlebenswahrscheinlichkeit betrug nach 5 und 10 Jahren jeweils 98,2% (Tab.10). Es kam nur in einem Fall zu einem Verlust der Versorgung bei einer Implantatbrücke aufgrund einer Implantatschulterfraktur (siehe beschriebener Fall, Kapitel 4.2).

Das höchste Risiko in dieser Gruppe lag für die Entwicklung einer Parodontitis vor und betrug 14,2% nach 5 Jahren und stieg auf 28% nach 10 Jahren an. Weitere häufige Komplikationen waren Verblendfrakturen mit einem Risiko von 9,5% nach 5 Jahren und 20,9% nach 10 Jahren und Dezementierungen mit Werten von 7,8% und 22,9% im selben Zeitraum.

#### 4.6.5 Überlebensanalyse Extensionsbrücken

**Tabelle 11: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Versorgungsart Extensionsbrücken**

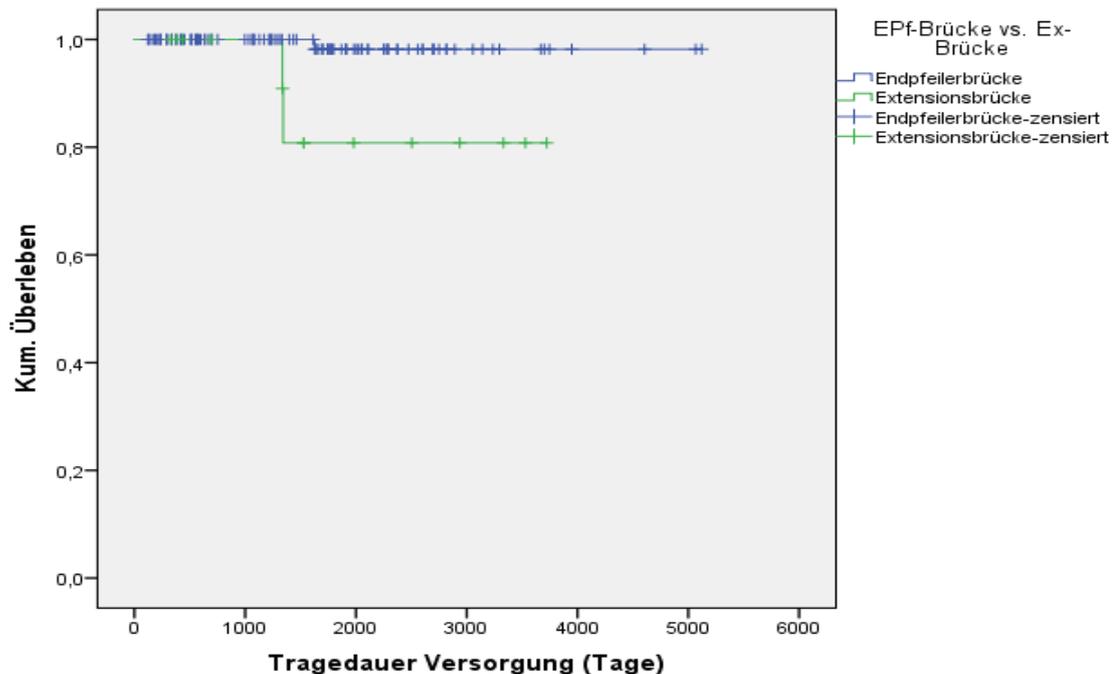
Komplikation/ Ereignis	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Verlust Versorgung	15	2	13	86,7	0.808	0.808	0.808
Dezementierung	15	3	12	80,0	0.800	0.800	-
Verblendfraktur	15	2	13	86,7	0.825	0.825	-
Gerüstfraktur	15	1	14	93,3	0.889	0.889	0.889
Schraubenfraktur	15	0	15	100,0	1.000	1.000	1.000
Implantatfraktur	15	0	15	100,0	1.000	1.000	1.000
Abutment/Schrau- Benlockerung	15	1	14	93,3	0.909	0.909	0.909
Mukositis/Gingivitis	15	4	11	73,3	0.700	0.700	0.700
Parodontitis/ Periimplantitis	15	3	12	80,0	0.747	0.747	-
Implantatverlust Belastungsphase	15	1	14	93,3	0.909	0.909	0.909
Weichgewebs- Management	15	1	14	93,3	0.933	0.933	0.933
Karies	15	1	14	93,3	0.909	0.909	0.909

(Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit)  
p(Ü) = Überlebenswahrscheinlichkeit

Die in Tab. 11 gezeigten Extensionsbrücken bestanden aus 11 rein implantatgetragenen und 4 zahn-implantatgetragenen Versorgungsungen. Die Überlebensrate der 15 Extensionsbrücken fiel schlechter als bei den Endpfilerbrücken aus und betrug nach 5 und 10 Jahren jeweils 80,8%. In zwei Fällen kam es zu einem Verlust der Versorgung: Bei einer Patientin mit einer implantatgetragenen Extensionsbrücke führte eine Implantatlockerung aufgrund einer Periimplantitis nach einer Tragedauer von 1337 Tagen zum Verlust der Restauration. Ein Nikotinabusus lag nicht vor. Die Brücke war im Oberkieferseitenzahnbereich auf zwei Implantaten lokalisiert, und der Gegenkiefer war mit einer Implantatbrücke versorgt. Beim zweiten Ereignis handelte es sich um eine Verbundbrücke mit Extension bei einer Patientin. Hier führte eine Gerüstfraktur zum Ausfall der Versorgung (siehe Kapitel 4.6.1).

Verglichen mit den Endpfeilerbrücken war die Wahrscheinlichkeit für Dezentierungen und Abutmentlockerungen in dieser Gruppe größer als bei den Endpfeilerbrücken (vgl. Tab. 10 und 11). Das Risiko lag hier bei 20% (Dezentierung) und 9,1% (Abutmentlockerung) nach 5 Jahren.

#### 4.6.6 Überlebensdiagramm Endpfeiler- und Extensionsbrücke



**Abb. 12 : Kaplan-Meier- Überlebensdiagramm: Zeiten bis zum Verlust der Versorgung für die Versorgungstypen Endpfeiler- und Extensionsbrücke**

Bei den 110 Endpfeilerbrücken (rein implantatgetragen und implantat-zahngetragen) kam es zu einem Verlust einer Brücke nach 1626 Tagen. Nach 1614 Tagen war die Hälfte dieser Brücken noch unter Beobachtung. Die Beobachtungszeit der letzten, zensierten Brücke betrug 5121 Tage.

Bei den 15 Extensionsbrücken (rein implantatgetragen und implantat-zahngetragen) ereigneten sich zwei Ausfälle: Einmal nach 1337 Tagen und der zweite nach 1343 Tagen. Es waren noch 7 dieser Brücken nach 1529 Tagen unter Beobachtung, und die längste Beobachtungszeit betrug in dieser Gruppe 3722 Tage (Abb. 12).

#### 4.6.7 Unterschied Überlebensraten zwischen Endfeilerbrücken und Extensionsbrücken

**Tabelle 12: Log Rank-Test auf Unterschied der Überlebensverteilungen bzw. Überlebensraten zwischen den Versorgungsarten: Endfeilerbrücken vs. Extensionsbrücken**

Komplikation/ Ereignis	Chi- Quadrat ( $X^2$ )	p	Größenver- hältnis der Ü-Verteilungen
Verlust Versorgung	7.736**	0.005	EPB > EB
Dezementierung	3.108 ts	0.078	EPB > EB
Verblendfraktur	0.059	0.808	
Gerüstfraktur	6.556**	0.010	EPB > EB
Schraubenfraktur	-	-	
Implantatfraktur	0.109	0.741	
Abutment/Schrau- Benlockerung	1.211	0.271	
Mukositis/Gingivitis	5.844*	0.016	EPB > EB
Parodontitis/ Periimplantitis	0.472	0.492	
Implantatverlust Belastungsphase	5.364*	0.021	EPB > EB
Weichgewebs- Management	2.847 ts	0.092	EPB > EB
Karies	1.017	0.313	

Ü = Überleben(s), EPB = Endfeilerbrücken, EB = Extensionsbrücken, Freiheitsgrade (df) des Log Rank-Tests: df = 1,  $X^2$  = Prüfgröße des Tests, p = Signifikanzwert, ts = tendenziell, signifikant ( $p \leq 0.10$ ), \* = signifikant ( $p \leq 0.05$ ), \*\* = sehr signifikant ( $p \leq 0.01$ )

Endfeilerbrücken wiesen bessere Überlebensraten bzgl. einiger untersuchter Parameter auf, wie in Tab. 12 dargestellt. Die Überlebenswahrscheinlichkeit für Endfeilerbrücken - auf den Totalausfall der Versorgung bezogen - war höher (sehr signifikant,  $p = 0,005$ ) als bei den Extensionsbrücken. Auch in der Dezementierungsrate - bei Gerüstfraktur und Implantatverlust in der Belastungsphase - schnitten die Endfeilerbrücken besser ab.

#### 4.6.8 Überlebensanalyse Einzelkronen

**Tabelle 13: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen u. Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Versorgungsart Einzelkronen**

Komplikation/ Ereignis	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Verlust Versorgung	322	17	305	94,7	0.939	0.907	0.907
Dezementierung	322	17	305	94,7	0.948	0.914	0.876
Verblendfraktur	322	10	312	96,9	0.965	0.942	0.942
Gerüstfraktur	322	1	321	99,7	0.996	0.996	0.996
Schraubenfraktur	322	1	321	99,7	0.997	0.997	0.997
Implantatfraktur	322	5	317	98,4	0.981	0.948	0.948
Abutment/Schrau- Benlockerung	322	14	308	95,7	0.907	0.907	0.907
Mukositis/Gingivitis	322	23	299	92,9	0.910	0.910	0.910
Parodontitis/ Periimplantitis	322	22	300	93,2	0.927	0.862	0.780
Implantatverlust Belastungsphase	322	0	322	100,0	1.000	1.000	1.000
Weichgewebs- Management	322	3	319	99,1	0.994	0.994	0.948

(Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit)  
p(Ü) = Überlebenswahrscheinlichkeit

Tab. 13 zeigt die Überlebenszeiten der 322 Einzelkronen: Die Überlebenswahrscheinlichkeit betrug nach 5 Jahren 93,9% und sank nach 10 Jahren auf 90,7%. Verblendfrakturen traten in 10 Fällen auf, und das Risiko für eine Verblendfraktur betrug nach 5 Jahren 3,5%, nach 10 Jahren stieg es auf 5,8% an.

Bei 2 Fällen traten eine Gerüstfraktur und eine Schraubenfraktur auf. Die Gerüstfraktur betraf eine mit Keramik verblendete Edelmetallkrone im Oberkieferseitenzahnbereich und trat 632 Tage nach deren Eingliederung auf. Der Gegenkiefer war prothetisch nicht versorgt. Die Schraubenfraktur ereignete sich am Abutment bei Eingliederung der Krone.

In 5 Fällen ereigneten sich Implantatfrakturen: Im ersten Fall frakturierte ein Camlog- Implantat im Oberkieferseitenzahnbereich an der Schulter nach 2284

Tagen. Die Gegenbezahnung war natürlich, und das Implantat besaß einen Durchmesser und eine Länge von 5x13 mm. Im zweiten Fall frakturierte ein Frialit- Implantat mit dem Maß 5,5x13 mm nach 2486 Tagen im Unterkiefermolarenbereich. Die Gegenbezahnung war natürlich. Die dritte Implantatfraktur betraf ein Straumann- Implantat im Bereich der Backenzähne im Unterkiefer nach 1768 Tagen. Der Gegenkiefer war mit einer implantatgetragenen Brücke versorgt. Das Implantat hatte einen Durchmesser und eine Länge von 4,1x10 mm. Im vorletzten Fall brach ein Straumann- Implantat im oberen Drittel nach 970 Tagen mit den Abmessungen 3,3x12 mm. Es war im Oberkieferseitenzahnbereich lokalisiert, und die Gegenbezahnung war natürlich. Die letzte Implantatfraktur im Bereich der Schulter des Camlog- Implantates mit dem Maß 4,3x13 mm ereignete sich nach 478 Tagen im Oberkieferseitenzahnbereich. Die Gegenbezahnung war natürlich.

Das Risiko für die Entwicklung einer Gingivitis oder Mukositis lag nach 5 und 10 Jahren bei jeweils 9,0% und bei der Parodontitis oder Periimplantitis bei 7,3% nach 5 Jahren, 13,8% nach 8 Jahren und 22% nach 10 Jahren.

#### 4.6.9 Überlebensanalyse verblockte Kronen

**Tabelle 14: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen u. Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Versorgungsart Verblockte Einzelkronen**

Komplikation/ Ereignis	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Verlust Versorgung	38	2	36	94,7	0.935	0.935	0.935
Dezementierung	38	6	32	84,2	0.825	0.825	0.825
Verblendfraktur	38	7	31	81,6	0.813	0.711	0.711
Gerüstfraktur	38	0	38	100,0	1.000	1.000	1.000
Schraubenfraktur	38	0	38	100,0	1.000	1.000	1.000
Implantatfraktur	38	0	38	100,0	1.000	1.000	1.000
Abutment/Schrau- benlockerung	38	1	37	97,4	0.967	0.967	0.967
Mukositis/Gingivitis	38	4	34	89,5	0.870	0.870	0.870
Parodontitis/ Periimplantitis	38	1	37	97,4	0.974	0.974	0.974
Implantatverlust Belastungsphase	38	0	38	100,0	1.000	1.000	1.000
Weichgewebs- management	38	0	38	100,0	1.000	1.000	1.000
Karies	38	1	37	97,4	0.966	0.966	0.966

(Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit), p(Ü)=Überlebenswahrscheinlichkeit

Von den 38 verblockten Kroneneinheiten waren in 8 Fällen drei Kronen und in 30 Fällen zwei Kronen miteinander verbunden. Die Überlebenswahrscheinlichkeit betrug nach 5 und 10 Jahren jeweils 93,5% (Tab. 14). In dieser Gruppe kam es zu keinen Gerüst- Schrauben- oder Implantatfrakturen. Es traten bei 7 Fällen Verblendfrakturen auf. Das Risiko für Verblendfrakturen lag bei 18,7% nach 5 Jahren und jeweils 28,9% nach 8 und 10 Jahren.

Eine Abutment- Schraubenlockerung war in einem Fall dokumentiert mit daraus folgender Überlebenswahrscheinlichkeit von 96,7% nach 5,8 und 10 Jahren.

In vier Fällen entwickelte sich eine Mukositis und in jeweils einem Fall eine Periimplantitis. In einem Fall entwickelte sich eine Karies an einem überkronen Pfeilerzahn, der mit der benachbarten Implantatkronen verblockt war.

#### 4.6.10 Überlebensdiagramm Einzelkronen und verblockte Kronen

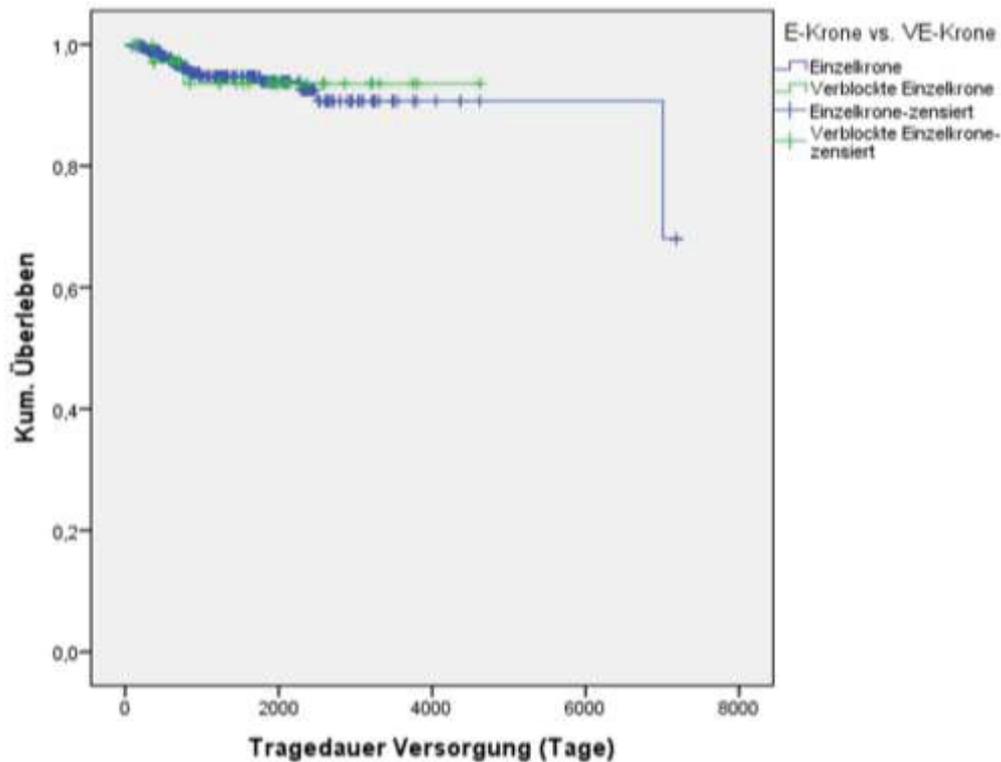


Abb. 13: Kaplan-Meier- Überlebensdiagramm: Zeiten bis zum Verlust der Versorgung für die Versorgungstypen Einzelkrone und verblockte Kronen

Bei den 322 Einzelkronen trat der letzte Verlust der Versorgung nach 7006 Tagen auf, und der letzte zensierte Fall hatte eine Beobachtungsdauer von 7181 Tagen. Nach 1176 Tagen waren noch 161 Einzelkronen in Beobachtung, 13 Kronen waren bis zu diesem Zeitpunkt verloren gegangen.

Bei den 38 verblockten Kroneneinheiten ereignete sich der zweiten und letzte Verlust nach 765 Tagen, und nach 1891 Tagen waren noch die Hälfte der verblockten Kronen in Beobachtung. Die maximale Beobachtungszeit betrug 4625 Tage (Abb.13).

#### 4.6.11 Unterschiede der Überlebensverteilungen zwischen Einzelkronen und verblockten Kronen

**Tabelle 15: Log Rank-Test auf Unterschied der Überlebensverteilungen bzw. Überlebensraten zwischen den Versorgungsarten: Einzelkronen vs. verblockte Kronen**

Komplikation/ Ereignis	Chi- Quadrat ( $X^2$ )	p	Größenver- hältnis der Ü-Verteilungen
Verlust Versorgung	0.010	0.920	
Dezementierung	5.814*	0.016	EK > VEK
Verblendfraktur	15.384***	0.000	EK > VEK
Gerüstfraktur	0.133	0.716	
Schraubenfraktur	0.118	0.731	
Implantatfraktur	0.805	0.370	
Abutment/Schrau- Benlockerung	0.311	0.577	
Mukositis/Gingivitis	0.393	0.531	
Parodontitis/ Periimplantitis	1.699	0.192	
Implantatverlust Belastungsphase	-	-	
Weichgewebs- Management	0.505	0.477	
Karies	7.621**	0.006	EK > VEK

Ü = Überleben(s), EK = Einzelkronen, VEK = Verblockte Kronen, Freiheitsgrade (df) des Log Rank-Tests: df = 1,  $X^2$  = Prüfgröße des Tests, p = Signifikanzwert, ts = tendenziell signifikant ( $p \leq 0.10$ ), \* = signifikant ( $p \leq 0.05$ ), \*\* = sehr signifikant ( $p \leq 0.01$ )

Unterschiede zwischen verblockten und nicht verblockten Einzelkronen ergaben sich zum einen bei der Dezementierungsrate. Hier erzielten die nicht verblockten Einzelkronen signifikant bessere Ergebnisse ( $p=0,016$ ). Zum anderen schnitten sie deutlich besser bei den Verblendfrakturen ( $p=0,000$ ) und dem Kariesrisiko ( $p=0,006$ ) ab (Tab. 15).

## 4.7 Bivariate Verteilung von technischen und biologischen Komplikationen

**Tabelle 16: Bivariate Verteilung von technischen u. biologischen Komplikationen (dichotomisierte Variablen), Bivariater Zusammenhang**

Biologische Komplikation	Statistik	Technische Komplikation		Gesamt
		nein	Ja	
nein	Anzahl	384	16	400
	% (Spalte)	84,0%	80,0%	83,9%
ja	Anzahl	73	4	77
	% (Spalte)	16,0%	20,0%	16,1%
Gesamt	Anzahl	457	20	477
	% (Spalte)	100,0%	100,0%	100,0%

Es existiert kein signifikanter Zusammenhang: (Chi-Quadrat=0.229; df=1; p=0.632; Phi=0.02)

Tab. 16 zeigt die Verteilung der technischen und biologischen Komplikationen im Gesamtkollektiv. Bei zwei simultanen Komplikationen wurde diejenige mit dem höheren Schweregrad ausgewählt (insbesondere Verlust der Versorgung). Von den insgesamt 477 Versorgungen waren 4 Versorgungen von technischen und biologischen Komplikationen betroffen. Nur von technischen Komplikationen waren 16 Versorgungen betroffen, und nur biologische Komplikationen traten bei 73 Fällen auf. Ein signifikanter Zusammenhang zwischen technischen und biologischen Komplikationen lag nicht vor (p=0,632).

**Tabelle 17: Bivariate Verteilung von technischen u. biologischen Komplikationen, Bivariater Zusammenhang**

Biologische Komplikation	Statistik	Technische Komplikation			Gesamt
		keine	Gerüst-, Schrauben-, Impl.-fraktur	Abutment-/ Schrauben-lockerung	
keine	Anzahl	384	4	12	400
	% (Spalte)	84,0%	66,7%	85,7%	83,9%
Mukositis/ Gingivitis	Anzahl	36	0	0	36
	% (Spalte)	7,9%	0,0%	0,0%	7,5%
Parodontitis/ Periimplantitis	Anzahl	33	2	2	37
	% (Spalte)	7,2%	33,3%	14,3%	7,8%
Weichgewebsmanagement oder Karies	Anzahl	4	0	0	4
	% (Spalte)	0,9%	0,0%	0,0%	0,8%
Gesamt	Anzahl	457	6	14	477
	% (Spalte)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Es existiert kein signifikanter Zusammenhang:(Chi-Quadrat=7,968; df=6; p=0.240; Cramers V=0.09), Impl.=Implantat

Tab. 17 gliedert die technischen Komplikationen in Gerüst-, Schrauben- und Implantatfrakturen und Abutment- bzw. Schraubenlockerung. Die biologischen Komplikationen sind in Mukositis bzw. Gingivitis, Parodontitis bzw. Periimplantitis und Weichgewebsmanagement bzw. Karies unterteilt. Von den insgesamt 477 Versorgungen waren 384 weder von technischen oder biologischen Komplikationen betroffen. Eine Mukositis bzw. Gingivitis trat bei 36 Versorgungen auf, hier kamen keine technischen Probleme vor. Eine Parodontitis bzw. Periimplantitis lag in 33 Fällen vor. Simultan waren jeweils 2 Versorgungen von technischen Komplikationen betroffen. Weichgewebsmanagement in Form von Schleimhauttransplantaten, Rezessionsdeckung und Implantatplastik oder der Entwicklung einer Karies betraf 4 Versorgungen. Diese Versorgungen waren frei von technischen Komplikationen.

Die Auswertung ergab auch hier keinen signifikanten Zusammenhang (p=0,240) zwischen dem Auftreten von technischen Komplikationen zusammen mit biologischen Komplikationen.

#### 4.7.1 Verblendfrakturen und Material der Suprakonstruktion

In die Untersuchung zwischen Material der Suprakonstruktion und dem Auftreten von Verblendfrakturen konnten alle 485 Fälle eingeschlossen werden. Bei 30 Fällen kam es zu Frakturen des Verblendmaterials, 455 Fälle waren ohne Verblendfraktur. Die Suprakonstruktionen wurden weiterhin in Metallkeramik und Vollkeramik unterteilt. In der Gruppe der Metallkeramik befanden sich insgesamt 320 Fälle und in der Gruppe der Vollkeramik 156 Fälle. Bei der Metallkeramik frakturierten 21 Verblendungen (6,6%) und bei der Vollkeramik 9 Verblendungen (5,5%). Die bivariate Verteilung ergab keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,631$ ) zwischen dem Material der Restauration und dem Auftreten von Verblendfrakturen (Tab. 18).

**Tabelle 18: Bivariate Verteilung zwischen dem Material der Suprakonstruktion und dem Auftreten von Verblendfrakturen, Bivariater Zusammenhang**

Verblendfraktur	Statistik	Suprakonstruktion		Gesamt
		Metallkeramik	Vollkeramik	
nein	Anzahl	299	156	455
	% (Spalte)	93,4%	94,5%	93,8%
ja	Anzahl	21	9	30
	% (Spalte)	6,6%	5,5%	6,2%
Gesamt	Anzahl	320	165	485
	% (Spalte)	100,0%	100,0%	100,0%

Es existiert kein signifikanter Zusammenhang (Chi-Quadrat=0.230; df=1;  $p=0.631$ ; Phi=0.02).

## 4.7.2 Region der Versorgung und Verblendfrakturen

**Tabelle 19: Bivariate Verteilung zwischen den Regionen der Versorgungen und dem Auftreten von Verblendfrakturen (Bivariater Zusammenhang)**

Verblendfraktur	Statistik	Lokalisation d. Implantate				Gesamt
		OK SZ 8-4	OK Front 3-1	UK SZ 8-4	UK Front 3-1	
nein	Anzahl	149	54	207	8	418
	% (Spalte)	94,9%	96,4%	93,7%	100,0%	94,6%
ja	Anzahl	8	2	14	0	24
	% (Spalte)	5,1%	3,6%	6,3%	0,0%	5,4%
Gesamt	Anzahl	157	56	221	8	442
	% (Spalte)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Doppelregionen wurden ignoriert. OK=Oberkiefer, UK=Unterkiefer, SZ=Seitenzähne  
Es existiert kein signifikanter Zusammenhang:  
(Chi-Quadrat=1.223; df=3; p=0.748; Cramers V=0.05).

Bei der Analyse bzgl. der Region der Versorgung und dem Auftreten von Verblendfrakturen konnten aus dem Gesamtkollektiv 442 Fälle generiert werden. Einige Versorgungen erstreckten sich über mehrere Regionen und wurden ausgeschlossen. In der Oberkieferseitenzahnregion (Prämolaren und Molaren) betragen die Verblendfrakturen 5,1%, im Frontbereich des Oberkiefers (Schneidezähne und Eckzähne) 3,6%, im Unterkieferseitenzahnbereich 6,3%, und in der Front des Unterkiefers kam es zu keinen Frakturen des Verblendmaterials (Tab. 19).

Die bivariate Verteilung ergab keinen signifikanten Zusammenhang ( $p=0,748$ ) zwischen der Region und dem Auftreten von Verblendfrakturen. Eine komplette Serie von Binomialtests ergab drei signifikante Unterschiede bezüglich des Auftretens von Verblendfrakturen und der Region der Versorgungen (Testquotenverhältnis wiederum jeweils 50%): Verblendfrakturen traten im Oberkieferseitenzahnbereich häufiger auf als in der Unterkieferfront (100% : 0%;  $p=0.008$ ), im Unterkieferseitenzahnbereich häufiger als in der Front des Oberkiefers (12.5% : 87.5%;  $p=0.004$ ) und im Unterkieferseitenzahnbereich öfter als in der Unterkieferfront (100% : 0%;  $p=0.000$ ).

### 4.7.3 Einfluss der Kovariablen auf die Verweildauer der Restauration

**Tabelle 20: Cox-Regression: Testung des Einflusses der Kovariablen (1) in der Totalstichprobe**

Kovariable	Reg.- koeff. B	Std.- Schätz- fehler (SE)	Wald- Statistik	p	Hazard- Ratio (Exp B)	Konfidenz- Intervall (KI)
Geschlecht weiblich (n=281)	0,63	0,49	1,679	0,195	1,88	0,72 – 4,88
Regio der Implantate OK SZ 8-4 (n=189)	1,59	0,87	3,360 ts	0,067	4,88	0,90 – 26,55
OK Front 3-1 (n=82)	-1,23	1,12	1,202	0,273	0,29	0,03 – 2,64
UK SZ 8-4 (n=234)	1,44	0,91	2,508	0,113	4,22	0,71 – 25,03
Gegenkiefer natürlich (n=298)	1,52	0,46	11,046***	0,001	4,58	1,87 – 11,25
Durchmesser Impl.1 (mm) (N=454)	0,13	0,42	0,088	0,767	1,13	0,50 – 2,59

Der Omnibustest des Modells ist sehr signifikant (Chi-Quadrat=22.087\*\*, df=7, p=0.002).

Reg.-koeff = Regressionskoeffizient, Std. = Standard, OK = Oberkiefer, UK = Unterkiefer, SZ = Seitenzahn, Impl. = Implantat, ts = tendenziell signifikant ( $p \leq 0.10$ ),

\*\*\* hoch signifikant ( $p \leq 0.001$ ), \* signifikant ( $p \leq 0.05$ ),

Die Variable UK Front 3-1 wurde wg. geringer Besetzung ( $n < 15$ ) ausgeschlossen.

Die Testung des Einflusses der Variablen Geschlecht, Region der Implantate, Gegenbezahnung und Durchmesser der Implantate in der Gesamtstichprobe auf die Verweildauer der prothetischen Versorgungen ergab bei den Variablen Region der Implantate Oberkieferseitenzähne und Gegenbezahnung natürlich jeweils einen Zusammenhang: Tendenziell signifikant war dieser Einfluss zwischen Versorgung und Lokalisation im Oberkieferseitenzahnbereich ( $p=0,067$ ) und hochsignifikant, wenn die Gegenbezahnung prothetisch nicht versorgt war ( $p=0,001$ ). Das Geschlecht des Patienten und der Implantatdurchmesser hatten keinen Einfluss auf die Überlebensrate der Restauration. In dieser Analyse wurden die Versorgungen auf Implantaten im Frontbereich des Unterkiefers aufgrund zu geringer Fallzahlen ausgeschlossen (Tab. 20).

**Tab. 21: Cox-Regression: Testung des Einflusses der Kovariablen (2)  
in der Totalstichprobe**

Kovariable	Reg.- koeff. B	Std.- Schätz- fehler (SE)	Wald- Statistik	p	Hazard- Ratio (Exp B)	Konfidenz- Intervall (KI)
Durchmesser Impl. 2 (mm) (n=78)	-0,74	1,70	0,192	0,661	0,48	0,02 – 13,27
Raucher (n=15)	-12,89	1261,83	0,000	0,992	0,00	0,00 – 0,00

Der Omnibustest des Modells ist insignifikant (Chi-Quadrat=1.520, df=2, p=0.468).

Reg.-koeff = Regressionskoeffizient

Std. = Standard

Diese beiden Kovariablen (Tab. 21) konnten aufgrund von Konvergenzproblemen nicht in die Analyse der anderen Kovariablen (Tab. 20) übernommen werden, da bei Brücken und verblockten Kronen in manchen Fällen unterschiedliche Durchmesser verwendet wurden.

Der Durchmesser der Implantate ergab auch hier keinen Bezug auf die Verweildauer der Restauration (Tab. 21).

In der Studie besaßen insgesamt 34 Patienten einen positiven Raucherstatus, und bei 26 Patienten war es nicht dokumentiert. Die Auswertung zwischen Tabakkonsum und der Verweildauer der Restauration ergab keinen Zusammenhang ( $p=0,992$ ).

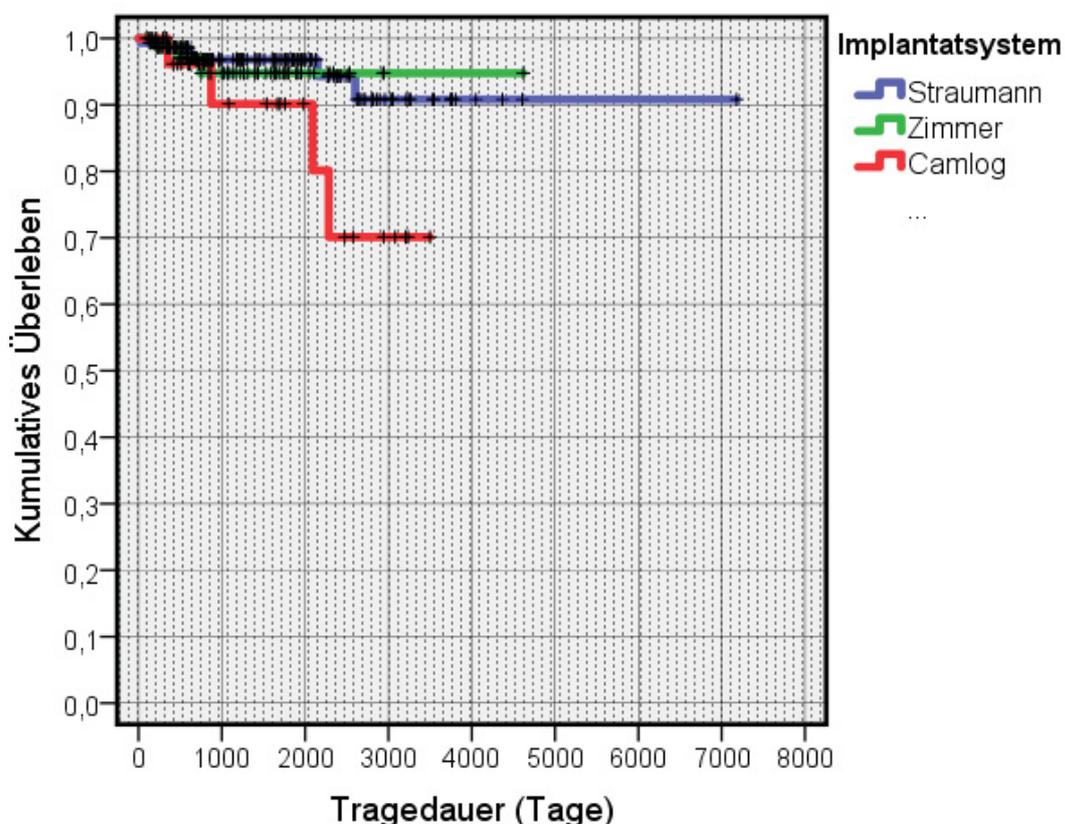
## 4.8 Überlebensanalyse Implantatsysteme

Für die Überlebensanalyse der Implantate wurde, wie in der Methodik beschrieben, ein Implantat pro Patient randomisiert ausgewählt. Es wurden nur die in der Tab. 21 und 22 sowie in Abb. 14 dargestellten Implantatsysteme untersucht, da bei den restlichen Systemen die Fallbesetzung zu gering war ( $n \leq 7$ ).

**Tabelle 21: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Implantatsysteme in der Belastungsphase**

Implantatsystem	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre	p(Ü) 8 Jahre	p(Ü) 10 Jahre
Straumann	147	6	141	95,9	0.968	0.908	0.908
Zimmer	77	3	74	96,1	0.948	0.948	0.948
Camlog	33	4	29	87,9	0.901	0.701	-

Ereignis: Implantatfraktur, Verlust oder Schraubenlockerung (Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit), N = 257; Ereignisse gesamt = 13, p(Ü) = Überlebenswahrscheinlichkeit



**Abb. 14: Kaplan-Meier Überlebenskurven für drei Implantatsysteme (Belastungsphase)**  
Ereignis: Implantatfraktur oder Schraubenlockerung

Die Auswertungen in Tab. 21 und Abb. 14 erfolgten zunächst auf die Funktionsperiode beschränkt, also nach Eingliederung der prothetischen Versorgung. Bei Betrachtung der gesamten Fallzahl (n=485) und den insgesamt 669 inserierten Implantaten ereigneten sich 6 Implantatfrakturen und 1 Implantatverlust in der Belastungsphase (1,05%). Nach Randomisierung blieben 3 Ereignisse diesbezüglich übrig. Um die Analyse rechenbarer und valider zu machen, wurde für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit zusätzlich die Komplikation Abutment- und Schraubenlockerung hinzugezogen. Diese Komplikation trat bei insgesamt 18 Fällen aus der Gesamtstichprobe (n=485) auf.

Die Überlebenswahrscheinlichkeit für die 147 Straumann- Implantatsysteme betrug nach 5 Jahren 96,8% und nach 8 und 10 Jahren jeweils 90,8%. In dieser Gruppe kam es an 6 Implantaten zum Verlust oder Lockerung der Abutmentschraube, bei 141 Implantaten kam es weder zum Verlust noch zu einer Schraubenlockerung (zensiert).

Bei den 77 Zimmer- Implantatsystemen resultierte eine Überlebenswahrscheinlichkeit nach 5,8 und 10 Jahren von jeweils 94,8%. Bei 3 Implantaten kam es zu einem von den beiden genannten Komplikationen, 74 waren ereignisfrei.

Bei den 33 Camlog- Implantatsystemen kam es bei 4 Implantaten zum Verlust oder zur Schraubenlockerung. Daraus ergab sich eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 90,1% nach 5 Jahren und 70,1% nach 8 Jahren. Die Angabe der Überlebenswahrscheinlichkeit nach 10 Jahren war aufgrund zu geringer Beobachtungsdauer nicht möglich.

**Tabelle 22: Kaplan-Meier-Analyse: Fallzahlen und Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Implantatsysteme in der Einheilphase**

Implantatsystem	Fälle gesamt	Ereig- nisse	Zensierte Fälle	Zensierte Fälle (%)	p(Ü) 5 Jahre (bis proth. versorgt)
Straumann	147	4	143	97,3	0.972
Zimmer	77	2	75	97,4	0.974
Camlog	33	1	32	97,0	0.966

Ereignis: Implantatverlust in der Einheilphase  
 (Überlebenszeit = Ereignisfreie Zeit), N = 257; Ereignisse gesamt = 7, p(Ü) =  
 Überlebenswahrscheinlichkeit, proth. = prothetisch

Tab. 22 zeigt die Überlebensraten der drei Implantatsysteme in der Einheilphase, also vor der prothetischen Versorgung.

Bei den 147 Straumann- Implantaten gingen 4 Implantate in der Einheilphase verloren. Die Ursachen des Implantatverlusts sind in Kapitel 4.1 unter den Punkten 1,2,6 und 10 aufgeführt. Die Überlebensrate für die Straumann- Implantate betrug 97,2%.

Von den 77 Zimmer- Implantaten wurden 2 Implantate in der Einheilphase wieder entfernt (Kapitel 4.1: Punkte 5 und 17). Die Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur prothetischen Versorgung betrug 97,4%.

Camlog war mit 33 Implantaten vertreten, davon ging ein Implantat in der Einheilphase verloren (Kapitel 4.1: Punkt 12). Die Überlebenswahrscheinlichkeit ergab bis zur prothetischen Eingliederung 96,6%.

#### 4.8.1 Vergleich der Implantatsysteme

In Tab. 23 sind die Überlebensverteilungen der drei Implantatsysteme Straumann, Zimmer und Camlog vergleichend gegenüber gestellt. Die Überlebensrate wurde zum einen durch die beiden Komplikationen Implantatfraktur oder Schraubenlockerung definiert und zum anderen durch den Implantatverlust in der Einheilphase.

Die Überlebensrate bzgl. der Komplikation Implantatfraktur oder Lockerung der Verbindungsschraube ist einzig bei der Gegenüberstellung Straumann und Camlog signifikant besser für das Straumann- System ( $p=0,046$ ). Alle anderen Vergleiche ergaben keinen signifikanten Unterschied zwischen den Implantatherstellern.

Auch bei Betrachtung der Überlebensverteilung der Implantate während der Einheilphase war kein Unterschied zwischen den drei Implantatsystemen festzustellen.

**Tabelle 23: Log Rank-Test auf Unterschied der Überlebensverteilungen bzw. Überlebensraten zwischen den Implantatsystemen**

Komplikation/ Ereignis	Kontrastierte Implantatsysteme	Chi- Quadrat ( $X^2$ )	p	Größenver- hältnis der Ü-Verteilungen
Implantatfraktur oder Schraubenlockerung	Gesamt/ Overall	4.132	0.127	-
	Straumann vs. Zimmer	0.103	0.748	-
	Straumann vs. Camlog	3.998*	0.046	Strau > Cam
	Zimmer vs. Camlog	1.754	0.185	-
Implantatverlust in der Einheilphase	Gesamt/ Overall	0.018	0.991	-
	Straumann vs. Zimmer	0.003	0.956	-
	Straumann vs. Camlog	0.011	0.916	-
	Zimmer vs. Camlog	0.020	0.886	-

Ü = Überleben(s), Strau = Straumann, Cam = Camlog, Freiheitsgrade (df) des Log Rank-Tests: bei 3 Systemen  $df = 2$ , bei 2 Systemen  $df = 1$

$X^2$  = Prüfgröße des Tests, p = Signifikanzwert, \* = signifikant ( $p \leq 0.05$ )

## **5 Diskussion**

Das Ziel dieser Untersuchung lag in der Feststellung der Überlebenswahrscheinlichkeiten für festsitzenden, implantat- und zahngetragenen Zahnersatz unter der Berücksichtigung von biologischen und technischen Komplikationen. Diese Komplikationen führen nicht immer zu einem Totalausfall der Versorgung, können aber Nachbehandlungszeit, Kosten und die emotionale Belastung des Patienten negativ beeinflussen.

### **5.1 Methodenkritik**

Ein Vergleich der Studien untereinander ist oftmals schwierig, da verschiedene Definitionen von Erfolg existieren, und häufig eigene Erfolgskriterien von den Autoren definiert werden (Pjetursson et al. 2007, Aglietta et al. 2009, Pjetursson et al. 2012, Patel et al. 2014). Außerdem kann die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate und der prothetischen Restaurationen patientenbezogen (ein Implantat oder eine prothetische Restauration pro Patient) oder fallbezogen (mehrere Implantate oder Versorgungen pro Patient) ausgewertet werden.

Die Auswertung in dieser retrospektiven Untersuchung erfolgte für die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate patientenbezogen, randomisiert nach Empfehlung einer wissenschaftlichen Stellungnahme der DGZMK (Neukam, 2000). Zu beachten ist dabei, dass diese Auswertungsmethode zu einem akzeptierten Datenverlust führt mit daraus folgender größerer Varianz des Kaplan- Meier Schätzers durch Verkleinerung des Untersuchungskollektivs. Deswegen erfolgten die Auswertungen der Überlebenswahrscheinlichkeit für die prothetischen Versorgungen, wie auch in anderen Untersuchungen üblich, fallbezogen, da es sonst auch hier zu Fallverlusten gekommen wäre. Das hätte die statistische Auswertung aufgrund der unterschiedlichen Gruppengrößen der Versorgungstypen und der teilweise geringen Fallzahlen, z.B. insgesamt 15

Extensionsbrücken und 38 verblockte Einzelkronen, erschwert. „Überlebt“ war wie folgt definiert: Der Zahnersatz war während der Beobachtungsperiode mit oder ohne Modifikationen in situ.

Die prothetische Behandlung wurde an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik oder in wenigen Fällen von anderen zahnmedizinischen Fachabteilungen der Universitätsklinik Düsseldorf durchgeführt. Des Weiteren erfolgte die prothetische Versorgung von verschiedenen Behandlern, in ganz wenigen Fällen auch von Studenten. Hier sind die unterschiedlichen Fähigkeiten und Erfahrungswerte der einzelnen Behandler zu berücksichtigen. Bei der Anfertigung des Zahnersatzes waren verschiedene zahntechnische Labore involviert. Dies kann gerade beim Auftreten technischer Komplikationen, wie Verblendfrakturen, zu einer Bias führen.

Die in dieser Studie untersuchten 485 prothetischen Restaurationen verteilten sich auf 274 Patienten und 669 inserierte Implantate. Die durchschnittliche Beobachtungsdauer ab Eingliederung der Versorgung betrug 4,2 Jahre. Die Größe des Untersuchungskollektivs entspricht gängigen Fallzahlen, die in anderen Studien untersucht wurden (Pjetursson et al. 2007, Jung et al. 2012). Die statistische Auswertung erfolgte mit der Kaplan-Meier-Methode.

## **5.2 Überlebensraten und Vergleich der verschiedenen Brückentypen**

Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach Kaplan-Meier der rein implantatgetragenen Brücken, bestehend aus Endpfeiler- und Extensionsbrücken, betrug nach 5 und 10 Jahren jeweils 95,2%. Pjetursson und Kollegen kamen in einer Metaanalyse aus 2007 mit insgesamt 85 Studien zur selben Überlebensrate (95,2%) nach fünf Jahren. Die Überlebensrate sank aber für diesen Versorgungstyp nach 10 Jahren auf 86,7% ab (Pjetursson et al. 2007).

Eine aktuelle Metaanalyse von Pjetursson kam auf eine etwas höhere Überlebensrate von 96,4% nach fünf Jahren. Diese Studie enthielt u.a. Untersuchungen, die ab 2000 veröffentlicht wurden (Pjetursson et al. 2014).

Albrektsson stellte Überlebensraten bei Endfeiler- und Extensionbrücken von 93,6% und 86,7% nach fünf und 10 Jahren fest (Albrektsson und Donos 2012).

Bei den Hybridbrücken (Endfeiler- und Extensionsbrücken) betrug die Überlebensrate nach 5 und 10 Jahren jeweils 96,0%, und sie erzielten damit im Vergleich zur Literatur gute Ergebnisse: bei Pjetursson lag sie bei 95,5% nach 5 Jahren und 77,8% nach 10 Jahren (Pjetursson et al. 2012).

Die abweichenden Überlebensraten nach 10 Jahren zwischen dieser Untersuchung und denen aus der Literatur könnten in der geringen Fallzahl für die Verbundbrücken mit 44 Versorgungen und der rein implantatgetragenen Brücken mit 83 Versorgungen liegen. Zusätzlich nimmt die Häufigkeit dieser Versorgungen nach einer Beobachtungsdauer von über 5 Jahren ab, und es kam zu keinen Verlusten mehr. Häufige Gründe für das Ausscheiden von Patienten, wenn diese in der Karteikarte dokumentiert wurden, waren Umzug oder Weiterbehandlung durch den Hauszahnarzt.

Der Log-Rank-Test bzgl. möglicher Unterschiede bei den Überlebensverteilungen zwischen rein implantatgetragenen Brücken und Hybridbrücken ergab beim Ereignis „Verlust der Versorgung“ keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Versorgungsgruppen. Beide Kollektive wiesen hohe Überlebensraten diesbezüglich auf. Etwas bessere Ergebnisse erreichten die implantatgetragenen Brücken beim Risiko für Verblendfrakturen, hier war der p-Wert leicht signifikant ( $p=0,062$ ), und signifikant besser ( $p=0,027$ ) schnitten sie beim Kariesrisiko ab. Beachtet werden muss, dass bei den Verbundbrücken auch natürliche Zähne in der Brückenstatik integriert sind, mit den daraus resultierenden Risiken für die Entstehung von spezifischen biologischen Komplikationen, wie Karies, Vitalitätsverlust und Intrusion des natürlichen Pfeilerzahns. In einer Metaanalyse von Pjetursson et al. waren 5 Studien enthalten, die von Zahnintrusionen bei Hybridbrücken berichteten (Pjetursson al. 2012).

Intrusionen waren in dem Untersuchungskollektiv dieser Studie nicht feststellbar bzw. dokumentiert.

Beim Vergleich der Überlebensraten zwischen Endfeilerbrücken und Extensionsbrücken – hier bestehen beide Gruppen sowohl aus rein implantatgetragenen als auch aus zahn-implantatgetragenen Versorgungungen – schnitten Endfeilerbrücken deutlich besser ab als Extensionsbrücken (98,5% zu 80,8% nach jeweils 5 und 10 Jahren). Dies ergab im Log-Rank-Test einen signifikanten Unterschied ( $p=0,005$ ) zwischen diesen beiden Versorgungsformen. Einschränkend ist zu sagen, dass die beiden untersuchten Gruppen sich stark in der Fallzahl unterschieden (110 Endfeilerbrücken und 15 Extensionsbrücken), und die Fallzahl bei den Extensionsbrücken sehr gering war ( $n=15$ ). Bei den Endfeilerbrücken ging nur eine Restauration verloren, bei den Extensionsbrücken waren es aber zwei Versorgungungen, die scheiterten.

Die Überlebensraten für die Endfeilerbrücken decken sich mit den Ergebnissen in der Literatur, lassen aber keinen exakten Vergleich zu, da in den anderen Studien in der Regel zwischen hybrid- und rein implantatgetragenen Endfeilerbrücken unterschieden wird, wie auch im ersten Abschnitt dieses Kapitels erfolgt (Pjetursson et al. 2014). Albrektsson bemängelte, dass nur wenige Untersuchungen zu Extensionsbrücken auf Implantaten existieren, und das Studiendesign häufig Mängel aufwies (Albrektsson und Donos 2012). In dieser Studie wurden, um einen Vergleich zwischen Endfeiler- und Extensionsbrücke zu ermöglichen, in diesem Zusammenhang Verbund- und rein implantatgetragene Brücken zusammengefasst aufgrund der geringen Fallzahl der Extensionsbrücken.

Bei den Extensionsbrücken waren die Überlebensraten in der verfügbaren Literatur, insbesondere in den ersten fünf Jahren nach Eingliederung des Zahnersatzes, besser. In zwei Metaanalysen lagen sie nach 5 Jahren jeweils bei 94,3% und 91,9% und sanken bei Aglietta et al nach 10 Jahren auf 88,9% (Aglietta et al. 2009, Zurdo et al. 2009). Es sollte aber beachtet werden, dass sich die einzelnen Studien in der Größe des Untersuchungskollektivs, der benutzten Implantat-Systeme, der prothetischen Versorgungsmaterialien und

der angewandten Recall-Programme unterschieden, wodurch ein direkter Vergleich erschwert wird. Auch die verschiedenen statistischen Auswertungsmöglichkeiten erschweren einen Vergleich untereinander.

Somit sollte nach Möglichkeit im Beratungsgespräch mit dem Patienten die Endfeilerbrücke aus prothetischer Sicht der Extensionsbrücke vorgezogen werden. Die Extensionsbrücke bietet aber im Bereich der chirurgischen Therapie Vorteile, da Augmentationen in atrophierten Kieferregionen vermieden werden können, und anatomische Strukturen, wie die Kieferhöhlen oder das Foramen mentale, nicht störend bei der Insertion von Implantaten sind (Torrecillas-Martinez et al. 2014, Aglietta et al. 2009).

### **5.3 Überlebensraten und Vergleich Einzelkronen und verblockte Kronen**

Die Kaplan-Meier Berechnungen zu den Kronen auf Implantaten wurden für nicht verblockte Einzelkronen und verblockte Einzelkroneneinheiten durchgeführt, damit diese im weiteren Verlauf miteinander verglichen werden können. Die Vor- und Nachteile zwischen diesen beiden Versorgungsmöglichkeiten wurden in der Einleitung (Kap. 1.2.1) erläutert.

Die Überlebensrate der nicht verblockten 322 Einzelkronen betrug nach fünf Jahren 93,9% und sank nach 10 Jahren auf 90,7% ab. Pjetursson et al. kam in einer Metaanalyse, die Überlebensraten bis 2000 und ab 2000 verglich, nach fünf Jahren Beobachtungszeit auf 92,6% für Studien bis 2000 und 97,2% für Studien ab 2000 (Pjetursson et al. 2014). Eine ältere Metaanalyse von ihm ergab eine Überlebensrate nach fünf Jahren von 94,5%, die nach 10 Jahren Beobachtung auf 89,4% sank (Pjetursson et al. 2007). Eine retrospektive Untersuchung, die 266 Implantatkronen von 194 Patienten untersuchte, kam nach fünf Jahren sogar auf 98,2% (Tey et al. 2016). Albrektsson berichtete in einem Consensus Statement von einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 96,3% und 89,8% nach fünf und 10 Jahren Beobachtungsdauer (Albrektsson und Donos 2012).

Die Ergebnisse dieser Studie sind vergleichbar mit denen aus der Literatur und zeigen hohe Überlebenswahrscheinlichkeiten für nicht verblockte Implantatkronen. Sie sind neben den implantatgetragenen Endfeilerbrücken als Therapiewahl zu empfehlen.

Verblockte Einzelkroneneinheiten wiesen ähnliche Überlebensraten nach fünf Jahren, wie nicht verblockte Kronen auf und zwar 93,5%, dieser Wert blieb auch nach 10 Jahren gleich und somit höher als bei den nichtverblockten Einzelkronen. Dieser zweite Wert ist kritisch zu betrachten, da es sich hier nur um eine kleine Gruppe (n=38) handelte, die nach fünf Jahren Beobachtungsdauer weiter absank durch das Ausscheiden von Patienten (approximativer Kaplan-Meier-Schätzer). Nach 5,2 Jahren waren noch die Hälfte dieser verblockten Einheiten unter Beobachtung (Kap. 4.6.10, Abb. 13). Es ereigneten sich insgesamt nur zwei Ausfälle, und der zweite trat nach 765 Tagen auf. Es fanden sich in der Literatur keine Studien über 5 Jahre Beobachtungsdauer, die die Überlebensraten nur verblockter Kronen aufzeigten. Sie werden hier häufig zusammen mit Brücken als eine Versorgungsform („fixed partial dentures“, FDPs) dargestellt.

Der Log-Rank-Test bzgl. der Testung auf Unterschiede zwischen Einzelkronen und verblockten Einzelkronen ergab signifikant bessere Ergebnisse für die Einzelkronen bei Betrachtung der Erfolgsrate: Dezementierungen, Verblindfrakturen und Kariesrisiko waren gegenüber den verblockten Kronen niedriger. Der Vergleich des Kariesrisikos ist hier aber nicht von großer Relevanz, da in dem untersuchten Kollektiv die Verblockung in der Regel nur Implantatkronen betraf. Nur bei zwei Patienten waren Implantat- und Zahnkronen miteinander verbunden. In einem Fall entstand an dem natürlichen Zahn im weiteren Verlauf eine Sekundärkaries am Kronenrand. Sie konnte konservativ behandelt werden und führte nicht zum Verlust der Suprakonstruktion. Bei der höheren Dezementierungsrate der verblockten Einheiten ist zu berücksichtigen, dass diese überwiegend provisorisch zementiert wurden, und daher Lockerungen der Suprakonstruktion wahrscheinlicher sind (siehe Kap. 5.4.1).

Die Frage der Verblockung von nebeneinander liegenden Kronen auf Implantaten wird in der Literatur kontrovers diskutiert, und klinische Langzeitstudien zu verblockten Kronen sind nicht vorhanden (Grossmann et al. 2005, Nissan et al. 2010). In dieser Arbeit waren die Überlebensraten beider Versorgungstypen ähnlich. Die Erfolgsrate war aber bei den Einzelkronen höher: Verblockte Einzelkronen wiesen statistisch ein größeres Risiko für Verblendfrakturen auf, die zwar in den meisten Fällen nicht zum Verlust der Versorgung führten, aber Interventionen bedeuteten. Generell waren verblockte Einheiten häufiger mit technischen Problemen behaftet als Einzelkronen (36,8% vs. 11,9%, siehe Kap. 4.5.1 Tab.5).

Auf die Überlebensrate der Implantate bezogen wiesen verblockte Einzelkronen bessere Ergebnisse auf. Es kam in dieser Gruppe zu keiner Implantatfraktur. Das Risiko für Abutmentlockerungen war ebenfalls geringer und betrug nach fünf Jahren 3,3% im Gegensatz zu 9,3% für nicht verblockte Einzelkronen (siehe Kap. 5.3.3 und 5.3.4). Die Verblockung von Kronen führt zu einer Verteilung der Kaukräfte auf die miteinander verbundenen Kronen und damit zu einer Reduktion der Belastung der einzelnen Implantate, Restaurationen und des periimplantären Knochens (Kim et al. 2005, Augthun und Mundt 2008). Eine in vitro Studie stellte im Gegensatz dazu bei verblockten Kronen zum einen eine stärkere Belastung der einzelnen Implantatschulter und zum anderen eine geringere Belastung des Kronenrands fest (Nissan et al. 2010). In dieser Untersuchung kam es aber, wie oben beschrieben, zu keiner Implantatfraktur bei verblockten Versorgungen. Aus der geringeren Kronenrandbelastung könnte abgeleitet werden, dass das Verblendfrakturrisiko geringer sein könnte; dies konnte in dieser Studie ebenfalls nicht bestätigt werden. Eine prospektive Studie mit 15 Patienten stellte innerhalb der 3-jährigen Beobachtungszeit keinen Unterschied bzgl. des Knochenabbaus zwischen verblockten und nicht verblockten Kronen fest. Schraubenlockerungen traten auch hier häufiger bei nicht verblockten Kronen (5:0) auf. Es kam zu einem Implantatverlust ebenfalls bei den nicht verblockten Kronen und zu einer Verblendfraktur bei verblockten Kronen (Clelland et al. 2016). Unter Berücksichtigung des unterschiedlichen Studiendesigns und der

unterschiedlichen Stichprobengröße sind die Ergebnisse mit dieser Arbeit vergleichbar.

## **5.4 Erfolgsrate der prothetischen Restaurationen**

Misserfolge bei der Versorgung der Patienten mit Zahnersatz können in Anlehnung an die Veröffentlichungen u.a. von Pjetursson und Lang in technische und biologische Komplikationen unterteilt werden (Pjetursson et al. 2012, Lang und Zitzmann 2012). Diese Komplikationen bestimmen die Erfolgsrate der prothetischen Restaurationen und der Implantate. Sie waren hier, wie auch in anderen Untersuchungen üblich, in Dezementierung, Verblend-, Gerüst- oder Schraubenfraktur, Implantatfraktur und Abutment- bzw. Schraubenlockerung Mukositis/ Gingivitis, Periimplantitis/Parodontitis und Karies unterteilt (Brägger et al. 2001, Jung et al. 2007, Pjetursson et al. 2007 und 2014, Aglietta et al. 2009). Auf das Gesamtkollektiv bezogen waren 84,1% der prothetischen Restaurationen ohne jegliche Komplikation. Technische und biologische (Periimplantitis/ Mukositis) Komplikationen hatten jeweils einen Anteil von 18,7% und 15,8% (Kap. 4.5.1, Tab. 3, 4 und 6). Lee et al. ermittelte in einer Querschnittstudie eine ähnliche technische Komplikationsrate von 18,1% (Lee et al. 2015). Der Anteil von biologischen Komplikationen schwankt in der Literatur stark (siehe Kap. 5.4.6) und lag bei Daubert et al. z.B. bei 16% (Daubert et al. 2014). Die einzelnen Komplikationen werden im weiteren Verlauf besprochen.

### **5.4.1 Befestigung Suprakonstruktion: verschraubt vs. zementiert**

Prothetische Suprakonstruktionen können mit dem Verbindungsteil, Abutment, des Implantates verschraubt oder zementiert werden (siehe Kapitel 1.4). In dieser Untersuchung wurde überwiegend zementiert (476:9). Diese beiden Befestigungsmöglichkeiten besitzen Vor- und Nachteile: Verschraubte Versorgungen sind in der zahntechnischen Herstellung aufwendiger und teurer, gewährleisten aber eine einfache Wiederabnahme der prothetischen Konstruktion im Falle möglicher Reparaturarbeiten und benötigen vertikal

weniger Platz als zementierte Versorgungungen. Sie bergen aber die Gefahr von Verblendfrakturen, ästhetischen Einschränkungen durch die okklusale Schraubenöffnung und Lockerung der Verbindungsschraube mit folgender Fraktur- und Keimbesiedlungsgefahr (Hebel und Gajjar 1997, Michalakis et al. 2003, Wolfart et al. 2006).

Zementierte Versorgungungen sind in der klinischen Handhabung und zahntechnischen Herstellung einfacher, weniger kostenintensiv, die Okklusalfäche ist geschlossen, und Diskrepanzen zwischen Implantatposition und der prothetischen Versorgbarkeit lassen sich besser ausgleichen. Das Abutment und der natürliche Pfeilerzahn bei Hybridbrücken sollten aber ausreichend dimensioniert sein, um Lockerungen der Suprakonstruktion zu vermeiden (Michalakis et al. 2003, Wilson 2009, Shadid und Sadaqa 2012). Die nicht vollständige Entfernung von Zementüberschüssen bei Eingliederung des Zahnersatzes kann aber im weiteren Verlauf die Entstehung periimplantärer Entzündungen, Mukositis und Periimplantitis, begünstigen (Wilson 2009, Wadhvani et al. 2012, Korsch und Walther 2015).

Dezementierungen hatten im Gesamtkollektiv (n=485) einen Anteil von 6,8% und traten in 33 Fällen auf. Insgesamt wurden in 353 Fällen provisorisch und in 96 Fällen definitiv zementiert (36 Fälle waren nicht dokumentiert). Im Durchschnitt ereignete sich die erste Dezementierung der Suprakonstruktion nach 710,5 Tagen. Als provisorische bzw. semipermanente Befestigungszemente wurden Temp Bond® und Improv® verwendet. Durch diese Zemente ist (soll) im Bedarfsfall eine Abnahme der Suprakonstruktion möglich (sein). Bei den definitiven Zementen wurden Phosphatzemente, Glasionomerezemente und adhäsive Zemente, wie u.a. RelyX®, SpeedCem® und Panavia® benutzt. Durch die definitive Zementierung ist in der Regel eine zerstörungsfreie Abnahme der Restauration nicht mehr möglich. In der Literatur finden sich etwas niedrigere Dezementierungsraten: In einer Metaanalyse von Jung et al. lag sie bei 4,1% und in einer weiteren Metaanalyse von Wittneben et al. bei 5,4% (Jung et al. 2012, Wittneben et al. 2014). Aus der Analyse von Jung et al. geht aber nicht hervor, welche Arten von Befestigungszementen verwendet wurden. In der vorliegenden Studie wurde in der Mehrheit der Fälle

die Versorgung provisorisch eingesetzt, was die Gefahr einer Lockerung der Versorgung erhöht. Die Untersuchung von Wittneben und Kollegen ergab keine signifikanten Unterschiede in der Überlebensrate zwischen verschraubten und zementierten Restaurationen, wohl aber Unterschiede in der Frequenz bestimmter technischer Komplikationen. Verblendfrakturen traten häufiger bei den verschraubten Versorgungen auf, währenddessen Abutmentlockerungen häufiger die zementierten Versorgungen betraf. Biologische Komplikationen, in Form von periimplantärem Knochenabbau, Periimplantitis, Mukositis, Rezessionen und Implantatverlust ergaben dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Befestigungsformen (Wittneben et al. 2014). In dieser Studie konnte kein Zusammenhang zwischen biologischen und technischen Komplikationen in Form von Abutment- und Schraubenlockerung, Dezementierungen und dem Auftreten einer Mukositis, Periimplantitis oder dem Implantatverlust festgestellt werden (siehe Kap. 4.7 und 5.6). Ein direkter Vergleich der beiden Befestigungsformen bei Betrachtung der Häufigkeit von technischen Komplikationen war aufgrund der kleinen Fallzahl (n=9) verschraubter Versorgungen nicht möglich. Dementsprechend ist ein direkter Vergleich der beiden Befestigungsformen bzgl. der Entstehung parodontaler Erkrankungen durch u.a. mögliche Zementüberschüsse nicht möglich. Die vergleichbare bzw. teilweise niedrigere Prävalenz dieser Erkrankungen (siehe Kap. 5.4.6) im Vergleich zu anderen Studien weist aber darauf hin, dass zementierte Restaurationen nicht unbedingt zu einem erhöhten Risiko für die Entwicklung von Periimplantitiden führen müssen. Dies konnte ebenfalls Woelber et al. in einer Untersuchung feststellen (Woelber et al. 2016). Es sollte nach Eingliederung eine genau visuelle und taktile Kontrolle auf mögliche Zementreste erfolgen.

#### **5.4.2 Verblendfrakturen**

Frakturen und Abplatzungen (Chipping) der Verblendung von Kronen und Brücken auf Implantaten gehören zu regelmäßig auftretenden technischen Komplikationen. Tey et al. stellte in seiner Metaanalyse ein Risiko von 6,5% nach fünf Jahren für Verblendfrakturen bei implantatgetragenen Einzelkronen

fest (Tey et al. 2017). Pjetursson et al. kam auf fünf Jahres Komplikationsraten von 3,2% für Einzelkronen auf Implantaten und 7,7% für implantatgetragene Brücken in Studien, die nach 2000 veröffentlicht wurden. In älteren Studien war das Risiko aber höher, 6,2% bei Einzelkronen und 19,2% bei Brücken (Pjetursson et al. 2014). Diese Werte sind etwas höher als bei konventionellem, festsitzendem Zahnersatz, Walton kam z.B. auf 3% für zahngetragene Brücken (Walton 2002).

Verblendfrakturen traten in dieser Studie bei 6,2% der Restaurationen aus dem Gesamtkollektiv auf. Im Durchschnitt ereignete sich eine Verblendfraktur nach 855,1 Tagen. Das niedrigste Risiko nach fünf Jahren mit 3,5% lag bei Einzelkronen vor. Endfeilerbrücken und Extensionsbrücken wiesen nach fünf Jahren schlechtere Überlebensraten, mit einem Risiko von 9,5% und 17,5 % auf. Die Resultate für Einzelkronen und Endfeilerbrücken sind mit denen aus der Literatur vergleichbar. Die hohe Frakturrate des Verblendmaterials bei den Extensionsbrücken ist aufgrund der kleinen Fallzahl (n=15) kritisch zu betrachten. Es kam in dieser Gruppe bei nur zwei Hybridbrücken mit Extension zu Verblendfrakturen. In der Untersuchung von Pjetursson aus 2014 wurden die Brücken zudem nicht in Endfeiler- und Extensionsbrücken unterteilt (Pjetursson et al. 2014). In einer weiteren Metaanalyse berichteten die Autoren von häufigen technischen Komplikationen bei Extensionsbrücken in den einzelnen Studien. Verblendfrakturen traten am häufigsten auf (bis zu 39,2%) (Torrecillas-Martinez et al. 2014). Eine weitere Metaanalyse ermittelte ein fünfjähriges und zehnjähriges Verblendfrakturrisiko bei Extensionsbrücken von 10,3% und 19,6% (Aglietta et al. 2009). Zusätzlich müssen bei implantatgetragendem Zahnersatz die gleichbleibenden Kaubelastungen während des Kauvorgangs und die geringere taktile Sensibilität aufgrund des fehlenden Desmodonts und der fehlenden parodontalen Mechanorezeptoren im Bereich der Implantate im Vergleich zu zahngetragenen Versorgungen berücksichtigt werden (siehe Kapitel 1.2.3). Die Kaubelastung kann bei Einzelkronen auf Implantaten um den Faktor 9 höher liegen als bei konventionellen Kronen (Tokmakidis et al. 2009, Meyer et al. 2012).

Eine weitere Rolle für die Häufigkeit von Verblendfrakturen spielt das Material der Suprakonstruktion. Metallkeramische Versorgungen gelten hier als Goldstandard. Vollkeramische Versorgungen neigen häufiger zu Verblendfrakturen (Daou 2014). Wie beschrieben (Kap. 5.3.1) ist auch die Befestigungsart der Suprakonstruktion von Bedeutung, verschraubt oder zementiert (Wittneben et al. 2014). In dieser Studie bestanden 320 Suprakonstruktionen aus Metallkeramik und 165 aus Vollkeramik. Die statistische Auswertung ergab keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Material der Suprakonstruktion und der Frequenz von Verblendfrakturen. Entgegen der Ergebnisse von Daou waren in dieser Studie aber Metallkeramikversorgungen häufiger von Verblendfrakturen betroffen als Vollkeramikversorgungen (6,6%:5,5%). Als Ursachen für diese Abweichung könnten zum einen die Lokalisation der Versorgung im Front- oder Seitenzahnbereich eine Rolle spielen und zum anderen der Versorgungstyp. Kronen und Brücken bergen, wie oben geschrieben, unterschiedliche Risiken für Verblendfrakturen in sich. Zudem können visuell Abplatzungen an Vollkeramikrestaurationen weniger auffallen als bei Versorgungen mit Metallgerüst.

### **5.4.3 Abutment- Schraubenlockerung**

Schrauben verbinden das Abutment mit dem Implantat und können aus Titan oder Gold bestehen. Das Schraubenmaterial war in den wenigsten Fällen dokumentiert, es sollte sich aber überwiegend um Titanschrauben gehandelt haben. Von Abutment- und Schraubenlockerungen waren 3,7% der Versorgungen betroffen, und sie traten im Durchschnitt nach 1211 Tagen auf. Das höchste Risiko für diese Komplikation besaßen Einzelkronen mit 9,3% und Extensionsbrücken mit 9,1% nach fünf Jahren. Die Werte aus der Literatur fallen etwas niedriger aus: Pjetursson kam in einer Metaanalyse für Studien ab 2000 auf eine 5-jahres Komplikationsrate von 3,1%-10,8% insgesamt. Für Einzelkronen betrug der Wert 5,6% für Studien ab 2000 und 24,4% für Studien bis 2000 (Pjetursson et al. 2014). In einer weiteren Metaanalyse kamen die

Autoren für Extensionsbrücken auf eine durchschnittliche Lockerungsrate aus allen enthaltenden Studien von 8,2% nach fünf Jahren (Aglietta et al. 2009).

Lockerungen können weitere Komplikationen, wie Frakturen der Verbindungsschraube und Knochenresorption bzw. Periimplantitis nach sich ziehen oder zum Lösen der Suprakonstruktion bei verschraubten Konstruktionen führen. Bei zementierten Suprakonstruktionen besteht beim Herunterklopfen der Krone oder Brücke die Gefahr der Schädigung des Implantatinnengewindes. Es wird angenommen, dass die entstehenden Mikrobewegungen zwischen Implantatkörper und Abutment zu einem Pumpeffekt mit daraus folgender Kontamination des periimplantären Knochens mit Flüssigkeit aus dem Implantat führen können (Binon 2000, Zipprich et al. 2007).

Beim Anziehen der Verbindungsschraube treten Kräfte zwischen Schraubenkopf und Abutment, Abutment und Implantat und dem Innengewinde des Implantates und dem Gewinde der Schraube auf. Diese Kräfte zusammen mit dem angewendeten Drehmoment bestimmen die notwendige Vorspannung der Verbindungsschraube, damit eine formschlüssige Verbindung zwischen Abutment und Implantat entsteht und eine Lockerung der Schraube vermieden wird (Wang et al. 2009, Cardoso et al. 2011). Die Verbindungsschrauben sollten deswegen stets mittels Drehmomentschlüssel und nach den spezifischen Drehmomentrichtlinien des Herstellers angezogen werden und nach einer kurzen Wartezeit kontrolliert bzw. nachgezogen werden. Aktuelle Implantatsysteme besitzen unterschiedliche Verbindungsmöglichkeiten zwischen Abutment und Implantat, wie z.B. bei Camlog, die „Tube-in-Tube-Verbindung“, die als Rotationsschutz dient und Abutmentlockerungen verringern soll (Steinebrunner et al. 2008). Lockerungen können ein Hinweis auf eine okklusale Überbelastung sein, durch Passungenauigkeiten des Abutments oder der Suprakonstruktion entstehen und sind auch abhängig vom Versorgungstyp (Watanabe et al. 2015, Karl und Taylor 2016). Die in dieser Untersuchung festgestellten höheren Lockerungsraten bei Einzelkronen und Extensionsbrücken können durch die beim Kauvorgang entstehenden höheren

extraaxialen Kräfte – im Vergleich zu verblockten Kronen oder Endpfilerbrücken – bedingt sein (Zipprich et al. 2007).

#### **5.4.4 Gerüst- und Schraubenfraktur**

Gerüstfrakturen kamen bei einer Hybridbrücke mit Extension und bei einer Einzelkrone vor und machten einen Anteil von 0,4% am Gesamtkollektiv aus. Die Fraktur an der Brücke trat nach 1343 Tagen bei einem hochgoldhaltigen Metallgerüst im Seitenzahnbereich auf. Im Vorfeld ereigneten sich aber schon zwei Frakturen des Verblendmaterials bei dieser Suprakonstruktion. Es könnte vermutet werden, dass die Okklusionskontakte zu stark waren, aufgrund der Verblendfrakturen im Vorfeld. Zudem muss die ungünstigere Brückenstatik aufgrund des Extensionsbrückenglieds im Vergleich zur Endpfilerbrücke beachtet werden. Insbesondere bei starker Ausdehnung des Brückenglieds entstehen ungünstige Hebelverhältnisse mit einer verstärkten Belastung der Brückenpfiler (Hämmerle et al. 2000). Auch eine Legierung mit ungeeigneten physikalischen Eigenschaften könnte in Betracht gezogen werden. EM-Legierungen besitzen im Vergleich zu NEM-Legierungen außerdem einen niedrigeren E-Modul, der als Wert für die Bruchfestigkeit eines Materials herangezogen wird. Je grösser dieser Wert ist, umso höhere Kräfte kann die Versorgung ertragen, ohne zu brechen (Eichner und Kappert 2005, Marxkors und Meiners 2005, Strietzel 2005). Der Materialbruch ereignete sich im Seitenzahnbereich, im Vergleich zum anterioren Bereich können hier stärkere Kaubelastungen auftreten (Strietzel 2005). Die zweite Gerüstfraktur betraf eine Einzelkrone im Prämolarenbereich des Oberkiefers. Sie bestand ebenfalls aus einer Edelmetalllegierung und trat nach 638 Tagen auf. Hier könnte als technische Ursache ein nicht ausreichend dimensioniertes Gerüst in Frage kommen. Auch Parafunktionen, wie Bruxismus, müssen in Betracht gezogen werden. Brägger et al. stellte in seiner Untersuchung vermehrte technische Komplikationen, insbesondere Verblend- und Gerüstfrakturen, bei Patienten mit Bruxismus fest (Brägger et al. 2001).

In einem Fall im gesamten Kollektiv frakturierte eine Verbindungsschraube bei einer Einzelkrone während der Eingliederung. Dies ergibt eine 5- Jahres-Komplikationsrate von 0,3% in der Gruppe der Einzelkronen. Der frakturierte Schraubenanteil konnte aus dem Implantat entfernt werden. Gerüst- und Schraubenfrakturen sind auch in der Literatur in der Regel seltene Komplikationen (Aglietta et al. 2009, Jung et al. 2012, Wittneben et al. 2014).

#### **5.4.5 Implantatfraktur**

Frakturen von Implantaten können durch okklusale Überbelastungen, Parafunktionen (Bruxismus), Lockerungen der Verbindungsschraube (Abutment zu Implantat), schlechte Passung und vertikal überdimensionierte Höhe der Suprakonstruktionen, durch durchmesserreduzierte Implantate und Periimplantitis hervorgerufen werden (Balshi 1996, Sanchez-Perez et al. 2010, Shemtov-Yona und Rittel 2015).

Sie ereigneten sich im Durchschnitt nach 1602 Tagen bei 5 Einzelkronen und einer rein implantatgetragenen Brücke und hatten einen Anteil von 1,2% am Gesamtkollektiv. Die fünf Jahres Komplikationsrate für dieses Ereignis betrug für die Einzelkronen 1,9% und für die Endpfilerbrücken 1,8%. Es fiel damit, wie die Abutmentlockerungen (siehe Kap. 5.3.3), etwas schlechter aus als die in einer Metaanalyse angegebenen durchschnittlichen Werte von 0,08% für Einzelkronen und 0,5% für Brücken (Pjetursson et al. 2014). Betroffen waren ausschließlich Implantate im Seitenzahnbereich bei vier Männern und zwei Frauen. Die Durchmesser der Implantate lagen zwischen 3,3 mm und 5,5 mm. Die unterschiedliche Geschlechtsverteilung, die statistisch aber keinen signifikanten Unterschied ergab (siehe Kap. 5.4.1), könnte mit den stärkeren Kaukräften bei Männern zusammenhängen und die Lokalisation im Seitenzahnbereich mit den hier wirkenden höheren Kaukräften (Waltimo und Könönen 1993, Strietzel 2005).

Durchmesserreduzierte Implantate haben einen Durchmesser von unter 3,5 mm. Durch sie können im Einzelfall Augmentationen bei defizitärem lokalem

Knochenlager reduziert bzw. vermieden werden oder der Sicherheitsabstand zu benachbarten Zahnwurzeln und Implantaten bei engen Interdentalräumen (mesio-distales Platzangebot) eingehalten werden. Die Überlebensdaten sind vielversprechend, es fehlen aber noch Langzeitergebnisse für diese Implantate (Schiegnitz und Al-Nawas 2013). In einer Untersuchung konnte aber eine wesentlich stärkere mechanische Belastung, bei Reduktion des Durchmessers von 4,1 mm auf 3,3 mm, an der Schnittstelle zwischen Implantat und Knochen festgestellt werden (Ding et al. 2009). Daraus resultiert u.a. ein erhöhtes Risiko für Implantatfrakturen im Vergleich zu den Standarddurchmessern, die zwischen 3,75 mm und 4,5 mm liegen (Schiegnitz und Al-Nawas 2013). In dieser Untersuchung handelte es sich in einem Fall um ein durchmesserreduziertes Implantat (3,3 mm). Alle anderen Implantate besaßen Standarddurchmesser.

Den Implantatfrakturen waren bei vier Patienten technische und biologische Komplikationen vorausgegangen: In drei Fällen kam es zu Abutmentlockerungen, und in einem Fall waren eine Verblendfraktur und eine Periimplantitis mit einer zirkulären Sondierungstiefe von 7 mm vermerkt. Bei drei dieser Fälle war der koronale Teil des Implantatkörpers betroffen, beim vierten Fall war die Frakturstelle nicht dokumentiert.

Die Abutmentlockerungen können zum einen ein Indiz für okklusale Fehl- bzw. Überbelastungen sein, zum anderen können durch diese Lockerungen Frakturen am Implantat begünstigt werden, wenn sie vom Patienten zu spät bemerkt werden (siehe Kap. 5.4.3) (Karl und Taylor 2016). Shemtov-Yona und Rittel stellten fest, dass bei Knochenresorption durch eine Periimplantitis Mikrorisse am Implantat durch die mastikatorische Beanspruchung entstehen können und im weiteren Verlauf, auch mit starker zeitlicher Verzögerung, die Frakturgefahr deutlich erhöhen können (Shemtov-Yona und Rittel 2015). Mit 7 mm Sondierungstiefe lag hier eine ausgeprägte Periimplantitis vor (siehe Kap. 1.4). Die Fraktur ereignete sich ca. 1,5 Jahre nach Diagnose der Periimplantitis.

Die Implantatfrakturen traten bis auf einen Fall nur bei Einzelkronen auf. Hier verteilen sich – im Vergleich zu verblockten Einzelkronen oder

Brückenkonstruktionen – die auftretenden Kräfte nicht auf mehrere Implantate und somit sind die auf das einzelne Implantat wirkenden Belastungen höher (siehe Kap. 5.3) (Augthun und Mund 2008). Aus dem oben geschriebenen ist anzunehmen, dass sich in vier der sechs Fälle eine mögliche Implantatfraktur angekündigt haben könnte oder begünstigt wurde.

#### **5.4.6 Periimplantitis, Mukositis**

Die Entstehung der Periimplantitis, wie in Kapitel 1.4 beschrieben, hängt von verschiedenen Faktoren ab und ist aufgrund der komplexen Erkrankungsmechanismen bis heute nicht eindeutig geklärt (Pesce et al. 2014). So werden u.a. Mundhygiene, Tabakkonsum, genetische Prädisposition und Allgemeinerkrankungen wie Diabetes mellitus als beeinflussende Faktoren beschrieben (Ziebold et al. 2016).

Ein Vergleich mit der Literatur ist aufgrund der unterschiedlichen Prävalenzraten und statistischen Auswertungsmöglichkeiten (implantatbezogen, fallbezogen oder patientenbezogen) in den einzelnen Studien (siehe Kap. 1.4) erschwert. Diesen Sachverhalt stellten Brägger et al. und Aglietta et al. schon fest und schrieben ferner, dass in den verschiedenen Studien teilweise unterschiedliche Schwellenwerte (Sondierungstiefen), ab denen eine Periimplantitis vorliegt, zugrunde gelegt werden (Brägger et al. 2001, Aglietta et al. 2009). Auch Derks und Tomasi beanstandeten in ihrer Metaanalyse die erschwerte Vergleichbarkeit aufgrund der divergierenden Sondierungstiefen in den einzelnen Studien und fordern hier einen Konsensus für zukünftige Studien. Zudem schlugen sie vor, in Anlehnung an Zitzmann und Berglundh, dass das Untersuchungskollektiv aus mindestens 100 Patienten bestehen sollte, um die Prävalenz einer Erkrankung aufzeigen zu können (Zitzmann und Berglundh 2008, Derks und Tomasi 2015).

Pjetursson gab in seiner Metaanalyse für Studien ab 2000 ein 5-jähriges Risiko von 6,4% (4,2-9,7) für Einzelkronen und 9,4% für Brücken (6,3-13,8) an (Pjetursson et al. 2014).

Für Einzelkronen wurde in dieser Untersuchung ein vergleichbares Ergebnis mit 7,3% erzielt. Die rein implantatgetragenen Brücken wiesen dagegen ein höheres Risiko von 16% nach fünf Jahren auf. In der Gesamtstichprobe lag die Prävalenz hier bei 7,8% (fallbezogen) und 8,8% (patientenbezogen), und die Erkrankung trat im Durchschnitt bei den 38 Fällen und 24 Patienten nach 1242 Tagen auf.

In drei weiteren Studien lagen bei 9,6%, 9,1% bzw. 16% der Implantate eine Periimplantitis vor (Brägger et al. 2001, Mir-Mari et al. 2012, Daubert et al. 2014). Weitere Untersuchungen zeigen eine Prävalenz auf Patientenebene zwischen 1% und 47,1% (Zetterqvist et al. 2010, Koldslund et al. 2010, Mir-Mari et al. 2012, Marrone et al. 2013, Derks und Tomasi 2015).

Auf das Gesamtkollektiv bezogen liegen die Ergebnisse in dieser Studie unter den durchschnittlichen Werten aus der Literatur, unter Berücksichtigung der, wie beschrieben, stark schwankenden Prävalenzzahlen. Die Fallzahl (n=274 Patienten), erfüllte die oben erwähnte Forderung von Derks und Tomasi. Wie in Kap. 1.4. geschildert, ist eine gute Mundhygiene unabdingbar, und es sollten regelmäßige Kontrollen stattfinden. Die Patienten waren in ein enges Recallsystem eingebunden. Dies könnte ein wesentlicher Faktor für die niedrige Prävalenzrate darstellen. Die schlechteren Ergebnisse bei den Brückenversorgungen könnten durch die erschwerte Mundhygiene im Vergleich zu Einzelkronen bedingt sein, insbesondere bei ungünstig gestalteten Brückengliedern. Für die Reinigung der Brückenpfeiler und Glieder ist spezielle Zahnseide (Superfloss®) notwendig, und deren Handhabung sollte zusammen mit dem Patienten geübt werden. Auch das Risiko für belassene Zementreste nach Eingliederung der Suprakonstruktion könnte bei Brückenkonstruktionen höher sein. Zementüberschüsse können wiederum die Entwicklung einer Periimplantitis fördern und gelten als ein iatrogenes Risikofaktor (Korsch und Walther 2015, Klinge et al. 2015, Ziebholz et al. 2016).

Unter den 24 betroffenen Patienten waren 6 Raucher und zwei mit Diabetes mellitus. Rauchen und ein instabiler Diabetes mellitus gelten ebenfalls als ein

Risikofaktor (Daubert et al. 2014, Klinge et al. 2015, Ziebolz et al. 2016). Aus den Unterlagen war nicht ersichtlich, wie der Diabetes mellitus eingestellt war.

Als weiterer iatrogener Risikofaktor wird von Ziebolz et al. die Schraubenlockerung angegeben (Ziebolz et al. 2016). Die bivariaten Verteilungsanalysen (Kap. 4.7, Tab. 16 und 17) ergaben in dieser Untersuchung keinen Zusammenhang zwischen biologischen und technischen Komplikationen. Bei zwei Patienten mit einer Periimplantitis ereignete sich im Vorfeld aber eine Schraubenlockerung.

Ähnliche Ergebnisse ergaben sich bei der Mukositis, die ebenfalls in Kap. 1.4 näher erläutert wurde: Insgesamt wiesen 39 Fälle - auf 27 Patienten verteilt - eine Mukositis auf. Sie wurde im Durchschnitt 541 Tage nach prothetischer Eingliederung diagnostiziert. Auf Patientenebene ist dies ein Anteil von 9,9% und fallbezogen von 8,0% am Gesamtkollektiv. Diese Werte liegen ebenfalls unter den durchschnittlichen Werten aus der Literatur, die laut Derks und Tomasi zwischen 19% und 65% liegen (Derks und Tomasi 2015). Diese positiven Ergebnisse könnten, wie schon bei der Periimplantitis beschrieben, an dem gut funktionierenden Recall-System liegen. Es könnte auch vermutet werden, dass in den Recall-Terminen, die zwar unter Supervision eines approbierten Kollegen ablaufen, oft Studenten den Parodontalstatus erheben und bei Implantaten mit den Kontrollen „vorsichtiger“ sind als bei natürlichen Zähnen. Die Diagnose der Mukositis erfolgt klinisch durch Sondierung (BOP) und bei der Periimplantitis zusätzlich radiologisch mit dem Vergleich des Ausgangsröntgenbildes. Derks und Tomasi betonen, dass für die Feststellung eines Knochenabbaus ein Vergleich mit dem postoperativen Röntgenbild zwingend notwendig ist (Derks und Tomasi 2015). Gewöhnlich erfolgten in dieser Untersuchung radiologische Kontrollen der Implantate nach Insertion und bei prothetischer Versorgung der Implantate.

## **5.5 Zusammenhang zwischen Kovariablen und der Verweildauer der Restauration**

Im Folgenden wird der Einfluss von Patientengeschlecht, Lokalisation, Gegenbezahnung, Durchmesser der Implantate und Tabakkonsum auf die Verweildauer der untersuchten Versorgungstypen diskutiert. Wie auch schon im Vorangehenden beschrieben, kann die Überlebensrate der Implantate und der prothetischen Restauration von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden.

### **5.5.1 Geschlecht der Patienten**

Die Verweildauer der prothetischen Restauration in Abhängigkeit vom Geschlecht der Patienten ergab in dieser Arbeit keinen relevanten Unterschied ( $p=0.2$ ). Es hätte vermutet werden können, dass die Überlebensraten der Versorgung bei Frauen im Vergleich zu Männern besser ausfallen aufgrund einer gewissenhafteren Mundhygiene. Eine Untersuchung aus der Schweiz bestätigt diese Vermutung und stellte fest, dass Frauen häufiger und gründlicher Zähne putzen und auch regelmäßiger zu Kontrolluntersuchungen gehen (Coda et al. 2007). In einer Studie, die das Geschlecht bei konventionell getragenen Brücken berücksichtigte, wurde ebenfalls kein Einfluss festgestellt (Burke und Lucarotti 2012). Zwei weitere Studien, die die Komplikationsrate von implantatgetragenen Einzelkronen im Seitenzahnbereich untersuchten, konnten ebenfalls keinen Einfluss des Geschlechts feststellen (Lee et al. 2015, Becker et al. 2017). Kim et al. stellte auf Implantatebene einen signifikant höheren Implantatstabilitäts-Quotienten bei Männern fest. Dieser Messwert dient zur Bestimmung der Primärstabilität eines Implantats, ein hoher Wert führt dabei zu einer größeren Stabilität. Dies hatte aber ebenfalls keinen Einfluss auf die Überlebensraten der Implantate zwischen beiden Geschlechtern (Kim et al. 2017). Pedro et al. beschrieb zwar eine signifikant höhere periimplantäre Knochenresorption bei Männern, dies hatte aber ebenfalls keinen Einfluss auf die Implantatüberlebensrate (Pedro et al. 2017). In einer finnischen Studie mit einer sehr großen Fallzahl von 198538 Implantaten konnte dagegen eine signifikant höhere Verlustrate bei Männern (3,1% vs. 2,3%) festgestellt werden

(Antalainen et al. 2012). Eine weitere Untersuchung ergab ebenfalls eine höhere Überlebensrate der Implantate bei Frauen. Bei Männern kam es häufiger zu parodontalen Erkrankungen, die sich wiederum negativ auf die Überlebensrate der Implantate und der Versorgungen auswirkten (Zupnik et al. 2011). Auch Rammelsberg et al. stellte eine höhere Verlustrate bei Männern fest (Rammelsberg et al. 2017).

### **5.5.2 Lokalisation der Suprakonstruktion**

Die statistische Auswertung ergab ein tendenziell signifikant höheres Risiko ( $p=0,067$ ) für den Verlust der Versorgung im Oberkiefer - Seitenzahnbereich. Bezüglich der unterschiedlichen Verteilung der Verluste beim Front- und Seitenzahnbereich können als Begründung die schon beschriebenen unterschiedlichen Kaukräfte vermutet werden (siehe Kap. 5.3.4 und 5.3.5).

Conrad et al. beschrieb eine höhere Verlustrate von Implantaten im Seitenzahnbereich des Oberkiefers im Vergleich zum Unterkiefer, die sich natürlich auch auf die Überlebensrate der prothetischen Versorgung negativ auswirkt (Conrad et al. 2011). Antalainen et al. (2012) stellte ebenfalls eine signifikant höhere Misserfolgsrate im Ober- als im Unterkiefer (1,8% vs. 1,5%) fest. In dieser Untersuchung waren von den 7 verloren gegangenen Implantaten 5 im Oberkiefer-Seitenzahnbereich lokalisiert. Zum einen ist die Knochendichte des Oberkiefers geringer im Vergleich zur Mandibula mit daraus resultierender längerer Osseointegration der Implantate, und zum anderen ist die Implantation im posterioren Bereich der Maxilla durch den Sinus maxillaris und die häufig geringe Knochenbreite erschwert (Morand und Irinakis 2007, Bassi et al. 2015).

### **5.5.3 Gegenbezahnung**

Hier ergab sich ein signifikanter Einfluss ( $p=0,001$ ) auf die prothetische Überlebensrate: Misserfolge ergaben sich häufiger, wenn die Gegenbezahnung „natürlich“ war. Dies entspricht nicht der Vermutung, dass bei implantatgetragener Zahnersatz im Gegenkiefer eine höhere Verlustrate

entstehen könnte aufgrund der geringeren Tastsensibilität durch die Implantate (siehe Kap. 5.3.2). Dieses Ergebnis ist aufgrund der unterschiedlichen Größe der Variablen der Gegenbezahnung aber sehr kritisch zu betrachten. Beim Großteil (n=298) der 485 Fälle war der Gegenkiefer prothetisch nicht versorgt. Die restlichen Fälle verteilen sich auf folgende weitere Variablen: Gegenkiefer Krone/Brücke, Gegenkiefer implantatgetragene Brücke bzw. Krone, Gegenkiefer mit herausnehmbarem Zahnersatz, Gegenkiefer fehlend. Kinsel stellte eine erhöhte Verblendfrakturrate bei Versorgungen auf Implantaten fest, wenn im Gegenkiefer ebenfalls implantatgetragene Restaurationen existierten. Die Überlebensrate der prothetischen Versorgung wurde dadurch aber nicht beeinflusst (Kinsel und Lin 2009).

#### **5.5.4 Durchmesser und Länge der Implantate**

Die Frage, ob Implantate mit einem geringeren Durchmesser eher zu Misserfolgen führen, ergab hier statistisch keinen Zusammenhang. Es ist zu beachten, dass in dieser Studie der größte Anteil (69,4%) einen Durchmesser von mehr als 4,1 mm aufwies. Einen Durchmesser zwischen 3 mm und 3,3 mm besaßen nur 41 Implantate. Als durchmesserreduziert gelten Implantate mit weniger als 3,5 mm Durchmesser (Schiegnitz und Al-Nawas 2013). Vor- und Nachteile dieser Implantate wurden in Kap. 5.3.5 besprochen. Langzeitstudien und fundierte wissenschaftliche Untersuchungen sind diesbezüglich rar. Laut Schiegnitz werden diese Implantate auch in der Zukunft jene mit Standarddurchmesser nicht ersetzen können (Schiegnitz und Al-Nawas 2013). Eine Metaanalyse zeigte für die kurzen Beobachtungsdauern in den einzelnen Studien zwar vielversprechende Ergebnisse, aber die Autoren bemängelten ebenfalls fehlende Langzeituntersuchungen (Badran et al. 2017). In einer weiteren Studie mit einem Untersuchungskollektiv von 52 Patienten wurde während der zweijährigen Beobachtungszeit ebenfalls kein Zusammenhang zwischen Durchmesser und der Überlebensrate der Implantate festgestellt (Becker et. al 2017).

Die Implantatlängen wurden in der Untersuchung statistisch nicht ausgewertet, da alle inserierten Implantate Standardlängen von über 8mm besaßen. Kurze Implantate besitzen eine Länge von unter 8 mm und können bei unzureichendem vertikalem Knochenangebot in Betracht gezogen werden (Renouard und Nisand 2006).

### **5.5.5 Tabakkonsum**

Rauchen wird in einem aktuellen Konsensus Statement von Klinge et al. als patientenabhängiger Risikofaktor für eine Periimplantitis gesehen (Klinge et al. 2015). Eine Periimplantitis kann sich wiederum negativ auf die Überlebens- und Erfolgsrate der Implantate auswirken (Kasat und Ladda 2012, Ramanauskaite et al. 2014, Derks und Tomasi 2015). Dadurch ließe sich ebenfalls eine geringere Verweildauer der prothetischen Versorgung ableiten. In drei Studien konnte ein negativer Effekt bei Rauchern bezüglich der Verweildauer der Implantate festgestellt werden, der in der Metaanalyse von Chrcanovic et al. sogar eine signifikant höhere Verlustrate aufwies (Aykent et al. 2007, Chrcanovic et al. 2015, Moraschini und Barboza 2016). Andere Studien stellten keinen Einfluss auf die Überlebensrate fest (Brägger et al. 2001, Zupnik et al. 2011, Sun et al. 2016). Pedro et al. beschrieb zwar eine erhöhte Knochenresorption bei Rauchern, die Überlebensrate wurde dadurch aber ebenfalls nicht beeinflusst (Pedro et al. 2017).

In der vorliegenden Studie konnte ebenfalls kein Zusammenhang zwischen Tabakkonsum und dem Verlust der prothetischen Restauration festgestellt werden. Es ist zu beachten, dass es sich nur um eine kleine Fallzahl (n=15) von den ursprünglich 34 Rauchern handelte, die letztlich statistisch ausgewertet werden konnte. Der große Regressionskoeffizient (-12,89) und der sehr große Standardfehler (1261,83) dieses Schätzers zeigen, dass die Ereignisse (Verlust der Versorgung betraf einen Raucher) sehr gering in der Gruppe der Raucher waren und die Schätzung dementsprechend sehr unsicher ist. Allerdings entwickelten 6 Raucher (17,4%) eine Periimplantitis und bei zwei kam es zu einem Implantatverlust (5,9%) in der Einheilphase. Dies deutet auch in dieser

Studie auf ein erhöhtes Risiko für die Entstehung einer Periimplantitis bei positivem Raucherstatus hin. Die Raucher hatten einen Anteil von 12,4% am Gesamtkollektiv. Laut Mikrozensus des statistischen Bundesamts lag der Anteil der rauchenden Bevölkerung 2013 bei insgesamt 20,9% (Statistisches Bundesamt 2013). Der dazu im Vergleich geringere Anteil an Rauchern in dieser Arbeit könnte zum einen darin begründet liegen, dass bei 26 Patienten diesbezüglich keine Dokumentation vorlag, und zum anderen kann vermutet werden, dass nicht alle Patienten dazu ehrliche Angaben gemacht haben könnten.

### **5.5.6 Diabetes mellitus**

In der Stichprobe befanden sich 12 Patienten mit Diabetes. Diese geringe Fallzahl ließ eine zuverlässige statistische Auswertung bezüglich des möglichen Zusammenhangs zur Verweildauer der Versorgung und der Implantate nicht zu. Es kam in dieser Gruppe zu keinem Implantatverlust. Bei einem Patienten entwickelte sich aber eine Periimplantitis.

Zupnik et al. konnte z.B. ein erhöhtes Risiko für Implantatverlust bei Diabetikern feststellen (Zupnik et al. 2011). Bornstein et al. stellte dagegen keinen Zusammenhang zwischen u.a. Diabetes und einer erhöhten Misserfolgsrate fest (Bornstein et al. 2009). In einer Metaanalyse kamen die Autoren zu dem Schluss, dass in den ersten 6 Jahren nach Implantation die Überlebensrate der Implantate bei Diabetikern sich nicht von der bei gesunden Patienten unterschieden, aber die wenigen Langzeitbeobachtungen von bis zu 20 Jahren zeigten höhere Verlustraten bei Diabetikern und auch ein erhöhtes Risiko für periimplantäre Erkrankungen. Patienten mit schlecht eingestelltem Diabetes wiesen im Vergleich zu gesunden Patienten eine verzögerte Osseointegration auf. Nach einem Jahr waren aber keine Unterschiede mehr feststellbar. Aufgrund dessen empfehlen sie keine Sofortbelastungen der Implantate bei Diabetikern und ferner eine antibiotische Prophylaxe und chlorhexidinhaltige Mundspüllösungen zur Reduzierung postoperativer Komplikationen (Naujokat et al. 2016).

## **5.6 Zusammenhang zwischen biologischen und technischen Komplikationen**

Die Vermutung, dass z.B. eine Abutmentlockerung oder Dezementierung der prothetischen Versorgung parodontale Erkrankungen fördern können, konnte in dieser Arbeit nicht bestätigt werden: Die bivariate Verteilungsanalyse zwischen dem Auftreten von biologischen und technischen Komplikationen ergab keinen signifikanten Zusammenhang. Es fanden sich in der Literatur keine Studien, die diese Zusammenhänge direkt untersuchten. Generell ist zu betonen, dass diese Komplikationen unabhängig voneinander die Erfolgsrate signifikant erniedrigen können (Brägger et al. 2005).

## **5.7 Überlebensanalyse und Vergleich der Implantate**

In dieser Untersuchung wurden die Überlebenswahrscheinlichkeiten verschiedener Implantatsysteme in der Einheil- und Funktionsphase berechnet. Von den insgesamt 669 inserierten Implantaten gingen während der gesamten Beobachtungszeit 12 (1,8%) in der Einheilphase und 7 (1,05%) nach prothetischer Eingliederung verloren. Auf die Patienten bezogen macht das einen Anteil von 4,4% in der Einheilphase und 2,6% in der Belastungsphase aus. Die Verweildaueranalyse wurde nach Empfehlung der DGZMK patientenbezogen, randomisiert berechnet (siehe Kap. 3.2 und 4.8) und für die drei Implantatsysteme getrennt angegeben (Neukam 2000). Sie lag in der Einheilphase zwischen 94,8% und 97,2% und in der Belastungsphase nach fünf Jahren zwischen 90,1 und 96,8% und nach 8 (Camlog) bzw. 10 (Straumann, Zimmer) Jahren zwischen 70,1% und 94,8%.

Ein direkter Vergleich der geschätzten Überlebensraten mit denen aus anderen Untersuchungen ist erschwert, da in einigen Studien in der Regel nicht zwischen Einheil- und Belastungsphase und Implantatsystem unterschieden wird, und die Überlebenswahrscheinlichkeit unabhängig vom Zustand des Implantats angegeben ist oder versorgungsbezogen ausgewertet wurde (Brägger et al. 2005, Pjetursson et al. 2012, Pjetursson et al. 2014, Tey et al.

2017). Dies führt zu höheren Überlebensraten der Implantate als in dieser Studie in der Belastungsphase, da hier Abutment- bzw. Schraubenlockerungen auch als Misserfolg gewertet wurden. Aglietta et al. fand für seine durchgeführte Metaanalyse ebenfalls keine Studien, die die Einheilphase der Implantate mit einbezogen haben (Aglietta et al. 2009).

Bei den Camlog-Implantaten handelte es sich um eine kleine Fallzahl (n=33) mit einem Anteil von 12,3% am Gesamtkollektiv, was bei der Auswertung zu einer Bias führt und die schlechteren Ergebnisse im Vergleich zu den anderen beiden Systemen erklären könnte. Der Log-Rank-Test ergab hier ein signifikant besseres Ergebnis (p=0,046) beim Vergleich der Implantatsysteme Straumann und Camlog bezüglich der beiden Ereignisse Schraubenlockerung oder Implantatfraktur für Straumann. Straumann- und Zimmer-Implantate wurden aber schon vor den Camlog-Implantaten in der Klinik verwendet, weswegen die Beobachtungsdauer für Camlog kürzer ausfiel. Zudem muss für Camlog auch die Lernkurve berücksichtigt werden: In der klinischen Handhabung unterscheiden sich die Camlog-Implantate aufgrund eines anderen Abutment-Implantatdesigns von den anderen beiden Herstellern. Beim Einsetzen des Abutments ist dessen korrekter Sitz im Implantat sicherzustellen. Dies erfordert aber auch eine gewisse Erfahrung mit dem System. Der korrekte Sitz des Abutments kann durch Röntgenbilder überprüft werden. Das erfolgte nicht standardisiert bei jedem Patienten und ist auch nicht obligat. Zudem sind die unterschiedlichen Drehmomente der Hersteller für die Verbindungsschraube zu beachten (siehe Kap. 5.4.3).

Ein signifikant höheres Risiko für Schraubenlockerungen konnte in einer Studie abhängig vom Implantat-Abutment-Interface beim Vergleich von externer und interner Verbindung festgestellt werden (Cha et al. 2013). Die hier untersuchten Implantate der drei Hersteller besaßen ausschließlich interne Verbindungen.

Albrektsson berichtete in seinem Consensus Statement von einer durchschnittlichen Überlebensrate von 97,7% nach fünf und 94,9% nach 10 Jahren für Implantate bei Einzelkronen und von 95,7% und 92,8% bei Brückenversorgungen (Endfeiler- und Extensionsbrücken) im selben

Beobachtungszeitraum (Albrektsson und Donos 2012). Aus oben genannten Gründen ist am ehesten ein Vergleich der geschätzten Verweildauern mit den Ergebnissen aus der Einheilphase sinnvoll und zeigt ähnliche Überlebensraten. Es ist aber zu beachten, dass die Einheilphase in der Regel nur einen Zeitraum zwischen 3 und 6 Monaten darstellt.

Eine Querschnittsstudie aus Finnland mit insgesamt 198583 Implantaten ermittelte eine ähnliche Verlustrate (1,7%) wie in der Einheilphase dieser Untersuchung (Antalainen et al. 2013). Es geht aus dieser Studie aber nicht hervor, ob nur der Verlust in der Einheilphase oder auch nach prothetischer Belastung erfasst wurde. Zusätzlich sollten die stark unterschiedlichen Fallzahlen einschränkend berücksichtigt werden (n=198583 vs. n=669). Die Implantate gingen dort im Durchschnitt nach 247 Tagen verloren, ein Drittel in den ersten 142 Tagen post operationem. Bezogen auf die Einheilphase war in dieser Arbeit ein Verlust durchschnittlich nach 104 Tagen eingetreten. Die frühere Verlustrate könnte dadurch bedingt sein, dass die Implantate nicht nur von erfahrenen Chirurgen inseriert wurden, sondern sich darunter auch Kollegen in Facharztausbildung befanden und hier ebenfalls eine Lernkurve zu beachten ist. So konnte Jemt et al. einen Zusammenhang zwischen frühzeitigem Implantatverlust in Abhängigkeit u.a. von der Erfahrung des Chirurgen feststellen (Jemt et al. 2016). Eine weitere Studie mit 2765 Patienten und 11311 Implantaten aus über 800 verschiedenen dentalen Institutionen kam in der Einheilphase auf eine etwas niedrigere implantatbezogene Misserfolgsrate von 1,4%, die patientenbezogene Verlustrate war mit 4,2% aber vergleichbar. Die Autoren stellten bei Rauchern, Patienten mit parodontalen Erkrankungen und bei Implantaten unter 10 mm Länge höhere Verlustraten während der Einheilphase fest. Diese Faktoren wirkten sich aber nur auf die Einheilphase aus, die Funktionsphase blieb davon unberührt. Zusätzlich wiesen Straumann-Implantate eine niedrigere Verlustrate, ebenfalls in der Einheilphase, als Implantate der anderen Hersteller auf (Derks et al. 2015). Interessant sind diese Ergebnisse vor dem Hintergrund, dass sie nicht nur die Überlebensraten aus universitären Einrichtungen, sondern auch aus privaten Praxen aufzeigen, und somit eine hohe Aussagekraft bzgl. der durchschnittlichen Verlustrate der Implantate in der Bevölkerung besitzen. Wie auch in der vorliegenden Arbeit festgestellt wurde, kann der Implantaterfolg

durch das unterschiedliche Design der Implantate der einzelnen Hersteller beeinflusst sein. Einschränkend ist aber festzuhalten, dass die untersuchten Straumann-Implantate bei Derks et al. nur aus einteiligen Systemen bestanden und Gründe für die niedrigere Ausfallquote nicht gefunden werden konnten. Eine prospektiv durchgeführte Studie mit 1569 Implantaten zeigte in der Funktionsphase einen Implantatverlust von 1,8% auf (Rammelsberg et al. 2017). Die etwas höhere Verlustrate – verglichen mit den 1,05% aus dieser Arbeit – muss zum einen vor dem Hintergrund der größeren Fallzahl bei Rammelsberg et al. und des unterschiedlichen Studiendesigns gesehen werden. Bei Rammelsberg et al. waren alle prothetischen Versorgungsformen, also auch herausnehmbarer Zahnersatz, enthalten.

## **6 Schlussfolgerung**

Anhand der hier vorliegenden Ergebnisse sowie der Daten aus der Literatur lässt sich abschließend sagen, dass implantatgetragener, festsitzender Zahnersatz gute Überlebensraten aufweist und, abgesehen von den in der Regel höheren Kosten für den Patienten im Vergleich zu konventionellem Zahnersatz in Form von zahngetragenen Brücken und herausnehmbarem Zahnersatz, als Therapiealternative empfohlen werden kann. Dies gilt sowohl für die Überlebensraten der Implantate als auch für die darauf befestigten Suprakonstruktionen. Einzelkronen, verblockte Kroneneinheiten und Endfeilerbrücken, sowohl rein implantatgetragen als auch zahn-implantatgetragen, können bei entsprechender Indikationsstellung als alternative und sichere Therapiemöglichkeiten angesehen werden. An dieser Stelle sei auch die hohe Verweildauer der Hybridbrücken in dieser Untersuchung positiv erwähnt, zu denen im Schrifttum nur wenige Langzeitbeobachtungen vorhanden sind.

Als Garant für den Langzeiterfolg sollte eine enge interdisziplinäre Planung, Therapie und Nachsorge angesehen werden, da auch diese Therapieformen nicht frei von Komplikationen und Nachbehandlungen sind, und dadurch emotionale Belastungen und Kosten für den Patienten und den Behandler entstehen können. Deswegen sind diese Art von Studien auch in der Zukunft

essentiell, um den Patienten im Vorfeld bei Beratungsgesprächen adäquate Therapieempfehlungen zu geben und über mögliche Risiken und Nachsorgemaßnahmen aufklären zu können.

## 7 Literaturverzeichnis

- Aglietta M, Siciliano VI, Zwahlen M, Brägger U, Pjetursson BE, Lang NP, Salvi GE: A systematic review of the survival and complication rates of implant supported fixed dental prostheses with cantilever extensions after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* **2009**; 20: 441-451
- Albertini M, López-Cerero L, O'Sullivan MG, Chereguini CF, Ballesta S, Ríos V, Herrero-Climent M, Bullón P: Assessment of periodontal and opportunistic flora in patients with peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res* **2015**; 26: 937-941
- Albrektsson T, Donos N: Implant survival and complications. The Third EAO consensus conference 2012. *Clin Oral Implants Res* **2012**; 23 (Suppl 6): 63-65
- Andreiotelli M, Koutayas SO, Madianos PN, Strub JR: Relationship between interleukin-1 genotype and peri-implantitis: a literature review. *Quintessence Int* **2008**; 39: 289-298
- Antalainen AK, Helminen M, Forss H, Sándor GK, Wolff J: Assessment of Removed Dental Implants in Finland from 1994 to 2012. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2013**; 28: 1612-1618
- Augthun M, Mundt T: Implantatprothetische Konzepte zur Ergänzung der verkürzten Zahnreihe. Gemeinsame Stellungnahme der DGPro/DGZMK Stand 01/08, *Deutsch Zahnärztl Z* **2008**; 63: 1
- Aykent F, Inan O, Ozyesil AG, Alptekin NO: A 1- to 12-year clinical evaluation of 106 endosseous implants supporting fixed and removable prostheses. *Int J Periodontics Restorative Dent* **2007**; 27: 358-367
- Badran Z, Struillou X, Strube N, Bourdin D, Dard M, Soueidan A, Hoornaert A: Clinical Performance of Narrow-Diameter Titanium-Zirconium Implants: A Systematic Review. *Implant Dent* **2017**; 26: 316-323
- Balshi TJ: An analysis and management of fractured implants: a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* **1996**; 11: 660-666
- Barber MW, Preston AJ: An update on resin-bonded bridges. *Eur J Prosthodont Restor Dent* **2008**; 16: 2-9

- Bassi A, Pioto R, Faverani L, Canestraro D, Fontao F: Maxillary sinus lift without grafting, and simultaneous implant placement: a prospective clinical study with a 51-month follow-up. *Int J Oral Maxillofac Surg* **2015**; 44: 902-907
- Becker J, John G, Becker K, Mainusch S, Diedrichs G, Schwarz F: Clinical performance of two-piece zirconia implants in the posterior mandible and maxilla: a prospective cohort study over 2 years. *Clin Oral Implants Res* **2017**; 28: 29-35
- Berglundh T, Persson L, Klinge B: A systematic review of the incidence of biological and technical complications in implant dentistry reported in prospective longitudinal studies of at least 5 years. *J Clin Periodontol* **2002**; 29: 197-212
- Binon PP: Implants and components: entering the new millennium. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2000**; 15: 76-94
- Blum C: Entfernung einteiliger Implantate bei nachgewiesener Titanunverträglichkeit. *Implantologie Journal* **2014**; 7: 30-33
- Bömicke W: 2015. Befestigungsmaterialien in der restaurativen Zahnheilkunde. *wissen kompakt* **2015**; 9: 163-178
- Bornstein MM, Cionca N, Mombelli A: Systemic conditions and treatments as risks for implant therapy. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2009**; 24 (Suppl): 12-27
- Bornstein MM, Al Nawas B, Kuchler U, Tahmaseb A: Consensus Statements and Recommended Clinical Procedures Regarding Contemporary Surgical and Radiographic Techniques in Implant Dentistry. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2014**; 29: 78-82
- Brägger U, Aeschlimann S, Burgin W, Hämmerle CHF, Lang NP: Biological and technical complications and failures with fixed partial dentures (FPD) on implants and teeth after four to five years of function. *Clin Oral Implants Res* **2001**; 12: 26-34
- Brägger U, Karoussis I, Persson R, Pjetursson B, Salvi G, Lang N: Technical and biological complications/failures with single crowns and fixed partial dentures on implants: a 10-year prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res* **2005**; 16: 326-334

- Brånemark PI, Hansson BO, Adell R, Breine U, Lindström J, Hallén O, Ohman A: Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. Experience from a 10-year period. *Scand J Plast Reconstr Surg* **1977**; 16: 1-132
- Burke FJ, Lucarotti PS: Ten year survival of bridges placed in the General Dental Services in England and Wales. *J Dent* **2012**; 40: 886-895
- Carcuac O, Jansson L: 2010. Peri-implantitis in a specialist clinic of periodontology. Clinical features and risk indicators. *Swed Dent J* **2010**; 34: 53-61
- Cardoso M, Torres MF, Lourenço EJ, de Moraes Telles D, Rodrigues RC, Ribeiro RF: Torque removal evaluation of prosthetic screws after tightening and loosening cycles: an in vitro study. *Clin Oral Implants Res* **2012**; 23: 475-480
- Cha HS, Kim YS, Jeon JH, Lee JH: Cumulative survival rate and complication rates of single-tooth implant; focused on the coronal fracture of fixture in the internal connection implant. *J Oral Rehabil* **2013**; 40: 595-602
- Chrcanovic BR, Albrektsson T, Wennerberg A: Smoking and dental implants: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* **2015**; 43: 487-498
- Cicciù M, Beretta M, Risitano G, Maiorana C: Cemented-retained vs screw-retained implant restorations: an investigation on 1939 dental implants. *Minerva stomatol* **2008**; 57: 167-179
- Clelland N, Chaudhry J, Rashid RG, McGlumphy E: Split-Mouth Comparison of Splinted and Nonsplinted Protheses on Short Implants: 3-Year Results. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2016**; 31: 1135-1141
- Coda Berteia P, Staehlin K, Dratva J, Zemp Stutz E: Female gender is associated with dental care and dental hygiene, but not with complete dentition in the Swiss adult population. *J Public Health* **2007**; 15: 361-367
- Conrad HJ, Jung J, Barczak M, Basu S, Seong WJ: Retrospective cohort study of the predictors of implant failure in the posterior maxilla. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2011**; 26: 154-162
- Damgaard C, Holmstrup P, Van Dyke TE, Nielsen CH: The complement system and its role in the pathogenesis of periodontitis: current concepts. *J Periodontal Res* **2015**; 50: 283-293

- Daou EE: The Zirconia Ceramic: Strengths and Weaknesses. *Open dent J* **2014**; 8: 33-42
- Daubert DM, Weinstein BF, Bordin S, Leroux BG, Flemmig TF: Prevalence and Predictive Factors for Peri-Implant Disease and Implant Failure: a Cross-Sectional Analysis. *J Periodontol* **2014**; 21: 1-15
- Derks J, Tomasi C: Peri-implant health and disease. A systematic review of current epidemiology. *J Clin Periodontol* **2015**; 42 (Suppl 16): 158-171
- Derks J, Håkansson J, Wennström JL, Tomasi C, Larsson M, Berglundh T: Effectiveness of implant therapy analyzed in a Swedish population: early and late implant loss. *J Dent Res* **2015**; 94 (Suppl 3): 44-51
- Diedrichs G, Rosenhain P: Galvanoforming, Bio-Ästhetik in der restaurativen Zahnheilkunde. *Neuer Merkur, München* **1995**; 13-16
- Ding X, Zhu XH, Liao SH, Zhang XH, Chen H: Implantbone interface stress distribution in immediately loaded implants of different diameters: a three-dimensional finite element analysis. *J Prosthodont* **2009**; 18: 393-402
- Eichner K, Kappert HF: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band 1. Grundlagen und Verarbeitung, 8.Aufl. Thieme Verlag **2005**; 128-134
- Frisch E, Ratka-Krüger P, Weigl P, Woelber J: Minimizing excess cement in implant-supported fixed restorations using an extraoral replica technique: a prospective 1-year study. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2015**; 30: 1355-1361
- Gallucci GO, Grütter L, Chuang SK, Belser UC: Dimensional changes of peri-implant soft tissue over 2 years with single-implant crowns in the anterior maxilla. *J Clin Periodontol* **2011**; 38: 293-299
- Gemeinsamer Bundesausschuss: Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses für eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche vertragszahnärztliche Versorgung mit Zahnersatz und Zahnkronen. *BAnz AT* **2016**: 1-9
- von Goethe JW, 1836. Goethe's poetische und prosaische Werke in zwei Bänden. Band 1 Ausgabe 1, Cotta Verlag, Stuttgart und Tübingen **1836**; 124

- Gómez-de Diego R, Mang-de la Rosa Mdel R, Romero-Pérez MJ, Cutando-Soriano A, López-Valverde-Centeno A: Indications and contraindications of dental implants in medically compromised patients: update. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* **2014**; 19: 483-489
- Gonçalves TM, Campos CH, Garcia RC: Effects of implant-based prostheses on mastication, nutritional intake, and oral health-related quality of life in partially edentulous patients: a paired clinical trial. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2015**; 30: 391-396
- Grossmann Y, Finger IM, Block MS: Indications for splinting implant restorations. *J Oral Maxillofac Surg* **2005**; 63: 1642-1652
- Hämmerle CH, Ungerer MC, Fantoni PC, Bragger U, Burgin W, Lang NP. Long-term analysis of biologic and technical aspects of fixed partial dentures with cantilevers. *Int J Prosthodont* **2000**; 13: 409-415
- Heasman P, Esmail Z, Barclay C: Peri-implant diseases. *Dent Update* **2010**; 37: 511-516
- Hebel KS, Gajjar RC: Cement-retained versus screw-retained implant restorations: Achieving optimal occlusion and esthetics in implant dentistry. *J Prosthet Dent* **1997**; 77: 28-35
- Heitz-Mayfield LJ: Peri-implant diseases: diagnosis and risk indicators. *J Clin Periodontol* **2008**; 35 (Suppl 8): 292-304
- Hellwig E, Klimek J, Attin T: Einführung in die Zahnerhaltung. Deutscher Zahnärzte Verlag Köln **2009**; 15-77
- Jacobi-Gresser E, Huesker K, Schütt S: Genetic and immunological markers predict titanium implant failure: a retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* **2013**; 42: 537-543
- Jemt T, Olsson M, Renouard F, Stenport V, Friberg B: Early Implant Failures Related to Individual Surgeons: An Analysis Covering 11,074 Operations Performed during 28 Years. *Clin Implant Dent Relat Res* **2016**; 18: 861-872
- Jung RE, Pjetursson BE, Glauser R, Zembic A, Zwahlen M, Lang NP: A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant supported single crowns. *Clin Oral Impl Res* **2008**; 19: 119-130

- Jung RE, Zembic A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS: Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical and esthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* **2012**; 23 (Suppl 6): 2-21
- Kamble VB, Desai RG, Arabbi KC, Ambadkar PS, Patil CN: One-Piece Implants: a Review. *UJMDS* **2014**; 02: 114-116
- Karl M, Taylor TD: Effect of Cyclic Loading on Micromotion at the Implant-Abutment Interface. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2016**; 31: 1292-1297
- Kasat V, Ladda R: Smoking and dental implants. *J Int Soc Prev Community Dent* **2012** Jul-Dec; 2: 38-41
- Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung: GKV: Aufteilung der Leistungsausgaben 2015 – Deutschland. *KZBV Köln* **2016**; Kap 2: 26-39
- Kerschbaum Th, Voß R: Die praktische Bewährung von Krone und Inlay. *Dtsch Zahnaerztl Z* **1981**; 36: 243-249
- Kim Y, Oh TJ, Misch CE, Wang HL: Occlusal considerations in implant therapy: clinical guidelines with biomechanical rationale. *Clin Oral Implants Res* **2005**; 16: 26-35
- Kinsel RP, Lin D: Retrospective analysis of porcelain failures of metal ceramic crowns and fixed partial dentures supported by 729 implants in 152 patients: patient-specific and implantspecific predictors of ceramic failure. *J Prosthet Dent* **2009**;101: 388-394
- Klinge B, Flemming T, Cosyn J, De Bruyn H, Eisner BM, Hultin M, Isidor F, Lang NP, Lund B, Meyle J, Mombelli A, Navarro JM, Pjetursson B, Renvert S, Schliephake H: The patient undergoing implant therapy. Summary and consensus statements. The 4th EAO Consensus Conference 2015. *Clin Oral Implants Res* **2015**; 26 (Suppl 11): 64-67
- Koeck B, Wagner W: *Implantologie*. 2. Auflage Urban & Fischer München **2004**; Kap 2: 10-25, Kap 5: 62-93, Kap 4: 48-59
- Kohorst P, Stiesch-Scholz M: Zirkoniumdioxid- Eine Keramik auf dem Weg zum Goldstandard? *Dentalfresh* **2007**; 3: 26-29
- Koldslund OC, Scheie AA, Aass AM: Prevalence of peri-implantitis related to severity of the disease with different degrees of bone loss. *J Periodontol* **2010**; 81: 231-238

- Korsch M, Walther W: Peri-Implantitis Associated with Type of Cement: A Retrospective Analysis of Different Types of Cement and Their Clinical Correlation to the Peri-Implant Tissue. *Clin Implant Dent Relat Res* **2015**; 17 (Suppl 2) : 434-443
- Land MF, Hopp CD: Survival rates of all-ceramic systems differ by clinical indication and fabrication method. *J Evid Based Dent Pract* **2010**; 10: 37-38
- Lang NP, Zitzmann NU: Clinical research in implant dentistry: evaluation of implant-supported restorations, aesthetic and patient-reported outcomes. *J Clin Periodontol* **2012**; 39 (Suppl 12): 133-138
- Lee JH, Lee JB, Park JI, Choi SH, Kim YT: Mechanical Complication Rates and Optimal Horizontal Distance of the Most Distally Positioned Implant-Supported Single Crowns in the Posterior Region: A Study with a Mean Follow-Up of 3 Years. *J Prosthodont* **2015**; 24: 517-524
- Lindhe J, Meyle J: Peri-implant diseases: Consensus report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol* **2008**; 35 (Suppl 8): 282-285
- Lindigkeit J: Mehr als Billiglösungen für die soziale Indikation Edelmetallfreie Legierungen und Titan. *DZW-Spezial 1-2*, **2002**; 20-23
- Ma S, Fenton A: Screw- versus cement-retained implant prostheses: a systematic review of prosthodontic maintenance and complications. *Int J Prosthodont* **2015**; 28: 127-145
- Marrone A, Lasserre J, Bercy P, Brex MC: Prevalence and risk factors for periimplant disease in Belgian adults. *Clin Oral Implants Res* **2013**; 24: 934-940
- Martin WC, Pollini A, Morton D: The influence of restorative procedures on esthetic outcomes in implant dentistry: a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2014**; 29 (Suppl): 142-154
- Marxkors R: Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln **2010**; Kap 6: 217-228, Kap 8: 273-284
- Marxkors R, Meiners H: Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde. 5.Aufl. Deutscher Zahnärzterverlag, Köln **2005**; Kap VI u. VIII: 189-210
- Meyer G, Fanghänel J, Proff P: 2012: Morphofunctional aspects of dental implants. *Ann Anat* **2012**; 194: 190-194

- Michalakakis KX, Hirayama H, Garefis PD: Cement-retained versus screw-retained implant restorations: a critical review. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2003**; 18:719-28
- Micheelis W, Schiffner U: Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie - DMS IV - Neue Ergebnisse zu oralen Erkrankungsprävalenzen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln **2006**; 241-373
- Mir-Mari J, Mir-Orfila P, Figueiredo R, Valmaseda-Castellón E, Gay-Escoda C: Prevalence of peri-implant diseases. A cross-sectional study based on a private practice environment. *J Clin Periodontol* **2012**; 39: 490-494
- Mombelli A, Lang NP: The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontol 2000* **1998**; 17: 63-76
- Mombelli A, Müller N, Cionca N: The epidemiology of peri-implantitis. *Clin Oral Implants Res* **2012**; 23 :67-76
- Morand M, Irinakis T: The challenge of implant therapy in the posterior maxilla: providing a rationale for the use of short implants. *J Oral Implantol* **2007**; 33: 257-266
- Moraschini V, Barboza Ed: Success of dental implants in smokers and non-smokers: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg* **2016**; 45: 205-215
- Naujokat H, Kunzendorf B, Wiltfang J: Dental implants and diabetes mellitus - a systematic review. *Int J Implant Dent* **2016**; 2: 5
- Neukam FW: Lebenserwartung von Implantaten und Implantatlager. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK, *Dtsch Zahnärztl Z* **2000**; 55: 1
- Neumeyer S, Hopmann S, Müller H: Einteilig versus zweiteilig (Teil 2). *Dental Magazin* **2014**; 32: 52-56
- Ney T: Die vertikale Beweglichkeit des Tübinger Implantates im Vergleich zum natürlichen Zahn. *Z Zahnärztl Implantol* **1986**; 2: 17-25
- Nissan J, Gehlfan O, Gross M, Chaushu G: Analysis of load transfer and stress distribution by splinted and unsplinted implant-supported fixed cemented restorations. *J Oral Rehabil* **2010**; 37: 658-662

- Oh SH, Kim Y, Park JY, Jung YJ, Kim SK, Park SY: Comparison of fixed implant-supported prostheses, removable implant-supported prostheses, and complete dentures: patient satisfaction and oral health-related quality of life. *Clin Oral Implants Res* **2016**; 27: 31-37
- Palacci P: Ästhetische Implantologie - Weich- und Hartgewebsmanagement. Berlin Quintessenz **2001**; Kap 1: 15-33
- Patel DR, O'Brien T, Petrie A, Petridis H: A Systematic Review of Outcome Measurements and Quality of Studies Evaluating Fixed Tooth Supported Restorations. *J Prosthodont* **2014**; 23: 421-433
- Pedro RE, De Carli JP, Linden MS, Lima IF, Paranhos LR, Costa MD, Bós ÂJ: Influence of Age on Factors associated with Peri-implant Bone Loss after Prosthetic Rehabilitation over Osseointegrated Implants. *J Contemp Dent Pract.* **2017**; 18: 3-10
- Pesce P, Menini M, Tealdo T, Bevilacqua M, Pera F, Pera P: Peri-implantitis: a systematic review of recently published papers. *Int J Prosthodont* **2014**; 27: 15-25
- Pietrabissa R, Gionso L, Quaglini V, Di Martino E, Simion M : An in vitro study on compensation of mismatch of screw versus cement-retained implant supported fixed prostheses. *Clin Oral Impl Res* **2000**; 11: 448-457
- Pjetursson BE, Zwahlen M, Lang NP: Quality of reporting of clinical studies to assess and compare performance of implant-supported restorations. *J Clin Periodontol* **2012**; 39 (Suppl 12): 139-159
- Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A: A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clin oral implants res* **2012**; 23 (Suppl 6): 22-38
- Pjetursson BE, Asgeirsson AG, Zwahlen M, Sailer I: Improvements in implant dentistry over the last decade: comparison of survival and complication rates in older and newer publications. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2014**; 29 (Suppl): 308-324
- Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M: Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Res* **2007**; 18 (Suppl 3): 97-113

- Ramanauskaite A, Baseviciene N, Wang HL, Tözüm TF: Effect of history of periodontitis on implant success: meta-analysis and systematic review. *Implant Dent* **2014** Dec; 23: 687-696
- Rammelsberg P, Lorenzo-Bermejo J, Kappel S: Effect of prosthetic restoration on implant survival and success. *Clin Oral Implants Res* **2017**; 28: 1296-1302
- Ramer N, Wadhvani C, Kim A, Hershman D: Histologic findings within peri-implant soft tissue in failed implants secondary to excess cement: report of two cases and review of literature. *N Y State Dent J* **2014**; 80: 43-46
- Reichart PA, Hausamen JE, Becker J, Neukam FW, Schliephake H, Schmelzeisen R: Curriculum Zahnärztliche Chirurgie. Chirurgie Band I, Quintessenz Verlag Berlin **2001**: Kap 16.3: 394-399, Kap 16.6: 414-416
- Reissmann DR, Heydecke G, Schierz O, Marré B, Wolfart S, Strub JR, Stark H, Pospiech P, Mundt T, Hannak W, Hartmann S, Wöstmann B, Luthardt RG, Böning KW, Kern M, Walter MH: The randomized shortened dental arch study: temporomandibular disorder pain. *Clin Oral Investig* **2014**; 18: 2159-2169
- Renouard F, Nisand D: Impact of implant length and diameter on survival rates. *Clin Oral Implants Res* **2006**; 17 (Suppl 2): 35-51
- Richter EJ: Implantologie in der Zahnheilkunde. Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK/DGI, *Dtsch Zahnärztl Z* **2005**; 60: 915-9416
- Romeo E, Lops D, Amorfini L, Chiapasco M, Ghisolfi M, Vogel G: Clinical and radiographic evaluation of small-diameter (3.3-mm) implants followed for 1-7 years: a longitudinal study. *Clin oral implants res* **2006**; 17: 139-148
- Roulet JF, Zimmer S: Prophylaxe und Präventivzahnmedizin. Band 16, Georg Thieme Verlag Stuttgart **2003**; 125-129
- Sander Th: Meine Zahnarztpraxis-Marketing. 2. Auflage Springer Verlag Berlin Heidelberg **2017**; Kap 10: 141-156
- Sanchez-Perez A, Moya-Villaescusa MJ, Jornet-Garcia A, Gomez S: Etiology, risk factors and management of implant fractures. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* **2010**; 15: 504-508

- Sanz M, Chapple IL: Clinical research on peri-implant diseases: Consensus report of Working Group 4. J Clin Periodontol **2012**; 39(Suppl 12): 202-206
- Schiegnitz E, Al-Nawas B: Durchmesserreduzierte Implantate Eine Übersicht. Implantologie **2013**; 21: 251-256
- Schütt S, von Baehr V: Hyperreaktivität von Gewebemakrophagen nach Kontakt mit Titanoxidpartikeln als Ursache einer verstärkten lokalen Entzündungsreaktion bei Patienten mit Periimplantitis. ZWR **2010**; 119: 222-232
- Schwarz F, Becker J: Periimplantäre Entzündungen Ätiologie, Pathogenese, Diagnostik und aktuelle Therapiekonzepte. Quintessence Verlag Berlin **2007**; Kap 1.4.2: 30-33, Kap 6.2.2.8: 129
- Serino G, Strom C: Peri-implantitis in partially edentulous patients: association with inadequate plaque control. Clin Oral Implants Res **2009**; 20: 169-174
- Shadid R, Sadaqa N: A comparison between screw- and cement-retained implant prostheses. A literature review. J Oral Implantol **2012**; 38: 298-307
- Shemtov-Yona K, Rittel D: On the mechanical integrity of retrieved dental implants. J Mech Behav Biomed Mater **2015**; 49: 290-299
- Statistisches Bundesamt: Mikrozensus Fragen zur Gesundheit - Rauchgewohnheiten. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden **2014**; 8-15
- Steinebrunner L, Wolfart St, Ludwig K, Kern M: Implant–abutment interface design affects fatigue and fracture strength of implants. Clin Oral Impl Res **2008**; 19: 1276-1284
- Striezel R: Die Werkstoffkunde der Metall-Keramik-Systeme. Neuer Merkur Verlag **2005**; Kap 2, 3: 13-54
- Strub JR, Kern M, Türp JC, Witkowski S, Heydecke G, Wolfart S: Curriculum Prothetik Band II 4. Auflage Quintessenz Verlag Berlin **2011**; 463-483
- Sun C, Zhao J, Jianghao C, Hong T: Effect of Heavy Smoking on Dental Implants Placed in Male Patients Posterior Mandibles: A Prospective Clinical Study. J Oral Implantol **2016** Dec; 42: 477-483
- Tan K, Pjetursson BE, Lang NP, Chan ESY: A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. Clin Oral Implants Res **2004**; 15: 654-666
- Tartsch J: Reversibel verschraubtes Keramikimplantat im ästhetischen Frontzahnbereich. Implantologie Journal **2016**; 7: 26-31

- Tey VH, Phillips R, Tan K: Five-year retrospective study on success, survival and incidence of complications of single crowns supported by dental implants. *Clin Oral Implants Res* **2017**; 28: 620-625
- Tokmakidis K, Wessing B, Papoulia K, Spiekermann H: Belastungsverteilung und Belastungskonzepte auf Zähnen und Implantaten. *Z Zahnärztl Impl* **2009**; 25: 44-52
- Tomasi C, Wennstrom JL, Berglundh T: Longevity of teeth and implants- a systematic review. *J Oral Rehabil* **2008**; 35 (Suppl 1): 23-32
- Torrado E, Ercoli C, Al Mardini M, Graser GN, Tallents RH, Cordaro L: A comparison of the porcelain fracture resistance of screw-retained and cement-retained implant-supported metal-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* **2004**; 91: 532-537
- Torrecillas-Martínez L, Monje A, Guo-Hao L, Suarez F: 2014. Effect of Cantilevers for Implant-Supported Prosthesis on Marginal Bone Loss and Prosthetic Complications: Systematic Review and Meta-Analysis. *The Int J Oral Maxillofac Implants* **2014**; 29: 1315-1321
- Türkoğlu O, Azarsız E, Emingil G, Kütükçüler N, Atilla G: Are proteinase 3 and cathepsin C enzymes related to pathogenesis of periodontitis? *Biomed Res Int* **2014**; 2014: 420830
- de Vasconcellos DK, Kojima AN, Mesquita AM, Bottino MA, Ozcan M: A microstrain comparison of passively fitting screw-retained and cemented titanium frameworks. *J Prosthet Dent* **2014**; 112: 834-838
- Vieira AR, Albandar JM: Role of genetic factors in the pathogenesis of aggressive periodontitis. *Periodontol 2000* **2014**; 65: 92-106
- Walton TR: An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: part 1. Outcome. *Int J Prosthodont* **2002**; 15: 439-445
- Wang RF, Kang B, Lang LA, Razzoog ME: The dynamic natures of implant loading. *J Prosthet Dent* **2009**; 101: 359-371
- Watanabe F, Hiroyasu K, Ueda K: The fracture strength by a torsion test at the implant-abutment interface. *Int J Implant Dent* **2015**; 1: 25
- Weinberg LA, Kruger B: Biomechanical considerations when combining tooth-supported and implant-supported prostheses. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* **1994**; 78: 22-27

- Wilson TG: The positive relationship between excess cement and peri-implant disease: a prospective clinical endoscopic study. *J Periodontol* **2009**; 80: 1388-1392
- Wittneben JG, Millen C, Brägger U: Clinical performance of screw- versus cement-retained fixed implant-supported reconstructions - a systematic review. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2014**; 29 (Suppl): 84-98
- Woelber JP, Ratka-Krueger P, Vach K, Frisch E: Decementation Rates and the Peri-Implant Tissue Status of Implant-Supported Fixed Restorations Retained via Zinc Oxide Cement: A Retrospective 10-23-Year Study. *Clin Implant Dent Relat Res* **2016**; 18: 917-925
- Wolfart M, Wolfart S, Kern M: Retention forces and seating discrepancies of implant-retained castings after cementations. *Int J Oral Maxillofac Implants* **2006**; 21: 519-525
- Yucel-Lindberg T, Bage T: Inflammatory mediators in the pathogenesis of periodontitis. *Expert Rev Mol Med* **2013**; 15: 7
- Zetterqvist L, Feldman S, Rotter B, Vincenzi G, Wennstrom JL, Chierico A, Stach RM, Kenealy JN: A prospective, multicenter, randomized-controlled 5-year study of hybrid and fully etched implants for the incidence of peri-implantitis. *J Periodontol* **2010**; 81: 493-501
- Ziebolz D, Schmalz G, Rinke S: Periimplantäre Erkrankungen - Erkennen, Therapieren und Vorbeugen Teil 1: Erkennen - Grundlagen und Diagnostik. *Implantologie Journal* **2016**; 4: 12-19
- Zipprich H, Weigl P, Lange B, Lauer HC: Erfassung, Ursachen und Folgen von Mikrobewegungen am Implantat-Abutment-Interface. *Implantologie* **2007**; 15: 31-46
- Zitzmann NU: Die Folgen der Zahnlosigkeit für das Individuum. *Dtsch Zahnärztl Z* **2004**; 59: 617-625
- Zitzmann NU, Berglundh T: Definition and prevalence of peri-implant diseases. *J of Clin Periodontol* **2008**; 35: 286-291
- Zupnik J, Kim SW, Ravens D, Karimbux N, Guze K: Factors associated with dental implant survival: a 4-year retrospective analysis. *J Periodontol* **2011**; 82: 1390-1395

Zurdo J, Romao C, Wennström JL: Survival and complication rates of implant-supported fixed partial dentures with cantilevers: a systematic review. *Clin Oral Impl Res* **2009**; 20 (Suppl 4): 59-66

## **Danksagung**

Mein herzlicher Dank richtet sich an meine Betreuerin Frau Dr. Diedrichs für die erstklassige Unterstützung und Betreuung während der gesamten Zeit. Ich hatte in ihr eine kompetente und hilfsbereite Unterstützung, die mir bei Fragen und Problemen stets zur Seite stand.

Auch meinem Doktorvater Herrn Prof. Hugger möchte ich für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas und die wertvollen Verbesserungsvorschläge und Hilfestellungen sehr danken.

Mein weiterer Dank gilt dem gesamten Team der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, das mich bei der Aktenakquise tatkräftig unterstützt hat.

Am Ende möchte ich mich noch bei meiner lieben Ehefrau und meinem kleinem Sohn, die jederzeit eine aufbauende und motivierende Stütze sind, bedanken und natürlich auch bei meinen Eltern, die immer zu mir halten.