NATHALIE KOPKA

Überlebenszeitanalyse von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten unter Berücksichtigung patientenspezifischer Einflussfaktoren

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei der Autorin dieses Werkes.

Jede Verwertung ist ohne schriftliche Zustimmung der Autorin oder des Verlages unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung in und Verarbeitung durch elektronische Systeme.

1. Auflage 2024

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the Authors or the Publisher.

1st Edition 2024

© 2024 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

STAUFENBERGRING 15, 35396 GIESSEN, GERMANY
Tel: 0641-5599888 Fax: 0641-5599890
email: redaktion@doktorverlag.de

www.doktorverlag.de

Überlebenszeitanalyse von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten unter Berücksichtigung patientenspezifischer Einflussfaktoren

INAUGURALDISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

des Fachbereichs Medizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von

Nathalie Kopka

aus Gießen

Gießen 2023

Aus dem Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Medizinisches Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik

Gutachter: Prof. Dr. Peter Rehmann

Gutachter: Prof. Dr. Ulrich Lotzmann

Tag der Disputation: 15.03.2024

Meinen lieben Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung....1

2 Ziel der Arbeit....3

3 Literaturübersicht....4

3.1 Implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate....4

3.2 Klinischer Langzeiterfolg von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten....6

3.2.1 Festsitzende implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate....6

3.2.2 Herausnehmbare implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate....31

3.3 Beeinflussende Parameter des Langzeiterfolges von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten....44

3.3.1 Patientenalter....44

3.3.2 Geschlecht....45

3.3.3 Kiefer....45

3.3.4 Lokalisation innerhalb des Kiefers....47

3.3.5 Gegenkieferbezahnung....48

3.3.6 Implantatanzahl....48

3.3.7 Verblockung....50

3.3.8 Tumorerkrankung....51

4 Material und Methode....53

4.1 Rahmenbedingungen....53

4.2 Datenerhebung....55

4.3 Statistische Verfahren....58

5 Ergebnisse 60

5.1 Klinische Bewährung von implantatgetragenen Suprakonstruktionen 60

5.1.1 Gesamtbetrachtung 60

5.1.2 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters 63

5.1.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes 63

5.1.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Kiefers 66

5.1.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers 68

5.1.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Gegenkiefers 71

5.1.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Implantatanzahl 74

5.1.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Verblockung 74

5.1.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung 79

5.2 Cox-Regression - implantatgetragene Suprakonstruktionen 82

5.3 Klinische Bewährung von Implantaten 85

5.3.1 Gesamtbetrachtung 85

5.3.2 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters 87

5.3.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes 88

5.3.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Kiefers 90

5.3.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers 92

5.3.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Gegenkiefers 95

5.3.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Implantatanzahl 98

5.3.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Verblockung 98

5.3.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung. 103

5.4 Cox-Regression - Implantate 106

5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse 109

6 Diskussion 112

6.1 Methodendiskussion 112

6.2 Ergebnisdiskussion 116

6.2.1 Überlebenswahrscheinlichkeit von implantatgetragenen Suprakonstruktionen 116

6.2.2 Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten 117

6.2.3 Gründe für einen Funktionsverlust beziehungsweise eine Explantation 118

6.2.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters 120

6.2.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes 122

6.2.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Kiefers 123

6.2.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers 125

6.2.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Gegenkiefers 127

6.2.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Implantatanzahl 128

6.2.10 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Verblockung 128

6.2.11 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung 132

6.3 Schlussfolgerung 135

7 Zusammenfassung 136

8 Summary 138

9 Abkürzungsverzeichnis 140

10 Darstellungsverzeichnis 142

10.1 Abbildungsverzeichnis 142

10.2 Tabellenverzeichnis 144

11 Literaturverzeichnis 147

12 Erklärung 181

13 Danksagung 182

14 Lebenslauf 183

* In der vorliegenden Arbeit wird zur besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Personen- und Berufsbezeichnungen gelten im Sinne der Gleichbehandlung für alle Geschlechter (m/w/d) gleichermaßen.

1 Einleitung

Regelmäßige und etablierte Präventionsmaßnahmen zur Zahnerhaltung im Rahmen der zahnmedizinischen Therapie führten in den vergangenen Jahren zu einer positiven Entwicklung der Mundgesundheit. So wurde innerhalb der fünften deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS V) aufgezeigt, dass jüngere Senioren (65- bis 74-Jährige) durchschnittlich fünf eigene Zähne mehr als noch im Jahr 1997 besitzen (DMS III: 10,4 vs. DMS V: 16,9) und die völlige Zahnlosigkeit auch im hohen Alter zunehmend abnimmt. Diese Ergebnisse stützen die Annahme, dass sich in der zahnmedizinischen Versorgung ein Trend hin zum festsitzenden Zahnersatz entwickelt hat.[22, 50, 62] Dies wiederum impliziert, dass Zahnärztinnen und Zahnärzte mit steigender Tendenz die Therapie mittels Implantaten als geeignete und zuverlässige Behandlungsmethode etablieren. So wurden beispielsweise Implantate innerhalb der DMS V zehnmal häufiger gezählt als noch in der DMS III rund 20 Jahre zuvor.

Daraus lässt sich folglich ableiten, dass das Interesse der Patienten, zahnlose Kieferabschnitte durch implantatgetragenen und möglichst festsitzenden Zahnersatz zu versorgen, zunehmend an Bedeutung gewinnt. Insbesondere im Vergleich mit herausnehmbarem Zahnersatz bieten nicht zuletzt die ästhetischen, kaufunktionellen als auch phonetischen Aspekte einen nennenswerten Vorzug des festsitzenden beziehungsweise implantatgetragenen Zahnersatzes.

In den letzten Jahren wurden vielerlei Kriterien beschrieben, die einen indirekten und direkten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate und ihrer Suprakonstruktionen zu haben scheinen. Darunter wurden beispielsweise Parameter wie das Patientenalter beziehungsweise Geschlecht, die Lokalisation der Implantate und die Implantatanzahl untersucht. Von besonderer Bedeutung für die Überlebensrate der Implantate und ihrer Suprakonstruktionen wird unterdessen wiederholt auch die Verblockung des implantatgetragenen Zahnersatzes genannt. Aufgrund fehlender Evidenz sind Zahnärzte in Praxen sowie Universitätskliniken dazu geneigt, einen einheitlichen Behandlungsweg in Form einer Verblockung beziehungsweise Nicht-Verblockung der Suprakonstruktionen auf Implantaten zu wählen. Hierbei basiert die Entscheidung jedoch eher auf eminenzbasierten Erfahrungswerten. Vor diesem Hintergrund wird die verbesserte mechanische Stabilität häufig als Vorteil verblockter Implantate angeführt.

Demgegenüber steht auf Seiten nicht verblockter Implantatkonstruktionen insbesondere die deutlich erleichterte Hygienefähigkeit.

Somit stellt sich schlussendlich die Frage, inwiefern die Überlebensdauer dentaler Implantate und ihrer Suprakonstruktionen durch eine Verblockung beeinflusst wird.

Strukturierte klinische Studien zur Überprüfung dieser Fragestellung lassen sich bisher nur vereinzelt in der aktuellen Literatur finden. Daher ist eine evidenzbasierte Aussage bezüglich der Verblockung implantatgetragenen Zahnersatzes bislang nicht abschließend möglich. Ziel dieser Studie war es demnach, einen wissenschaftlichen Beitrag zu dieser Thematik zu leisten.

2 Ziel der Arbeit

Im Rahmen der vorliegenden retrospektiven Longitudinalstudie sollte die klinische Bewährung von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten, die innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 2003 bis 2023 in der Abteilung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK) der Justus-Liebig-Universität Gießen versorgt wurden, begutachtet werden.

Folgende patientenspezifische Parameter wurden dabei beurteilt:

- Patientenalter
- Geschlecht
- Kiefer
- Lokalisation innerhalb des Kiefers
- Gegenkiefer
- Implantatanzahl
- Verblockung
- Tumorerkrankung

Das Ziel der vorliegenden schriftlichen Darlegung war demnach die Untersuchung der Überlebenswahrscheinlichkeit implantatgetragener Suprakonstruktionen und dentaler Implantate in Abhängigkeit differentieller patientenspezifischer Faktoren, wobei unter besonderer Berücksichtigung die Gewichtung der Verblockung stand. Überdies sollten die potenziellen Ursachen für einen Funktionsverlust beziehungsweise eine Explantation evaluiert werden.

3 Literaturübersicht

3.1 Implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate

Dentale Implantate werden zur Versorgung von Patienten mit Zahnlücken oder vollständig zahnlosen Patienten durch einen chirurgischen Eingriff im Kieferknochen mechanisch verankert. Um eine direkte strukturelle Verbindung zwischen Implantatoberfläche und umgebendem Knochengewebe zu erhalten und somit die Osseointegration des Implantates zu ermöglichen, bedarf es einer funktionellen Belastung dessen.[131, 392] Implantate besitzen aufgrund ihrer ankylotischen Verankerung im Knochen im Gegensatz zu natürlichen Zähnen, die über Sharpey'sche Fasern des Parodontiums mit dem Zahnfach verbunden sind, keine Eigenbeweglichkeit. Daher ist eine exakte Positionierung des Implantates mittels individueller Bohrschablone von hoher Relevanz. Die Länge des Implantates sollte sich hierbei an der natürlichen Zahnwurzel orientieren, während der Durchmesser gewöhnlich zwischen 3 mm und 4 mm beträgt.[392] In der Regel bestehen Implantate aus dem biokompatiblen Metallmaterial Titan, das bereits in zahlreichen Studien eine hohe mechanische Belastbarkeit aufwies. In Hinblick auf die Ästhetik zeigen hingegen Implantate aus Zirkoniumdioxid eine der natürlichen Zahnfarbe entsprechenden besseren Farbgebung. Hierbei ist jedoch auf die geringere vergleichbare Datenmenge hinsichtlich der Überlebenszeitanalysen zu verweisen.[131, 392]

Innerhalb der letzten Jahre ist ein Anstieg der mit Implantaten versorgten Patienten zu verzeichnen. Grund dafür ist die Vielzahl von Vorteilen, die diese Art des Zahnersatzes mit sich bringt.[7, 255, 295, 414] Zahnlosen Patienten, Patienten mit einem reduzierten Restzahnbestand oder Patienten mit Freiendsituationen, die mit statisch ungünstigen Extensionsbrücken oder herausnehmbaren Prothesen versorgt werden müssten, kann mittels Insertion eines oder mehrerer Implantate ein festsitzender Zahnersatz ermöglicht werden.[39, 187, 330] Als weiteren Vorteil bei der Versorgung von Schaltlücken mit implantatgetragenem Zahnersatz ist die Vermeidung der Überkronung von Nachbarzähnen zur Aufnahme einer Brücke und somit die Schonung gesunder Zahnhartsubstanz zu nennen.[190, 295, 330, 398] Ebenso tragen Implantate durch die Übertragung funktioneller Reize auf den Kieferknochen zur Erhaltung dessen bei und verzögern auf diese Weise die Inaktivitätsatrophie beziehungsweise Altersinvolution des Alveolarfortsatzes. Demnach leisten Implantate einen eminenten Beitrag zur Prophylaxe der Kieferknochen- als auch

Weichgewebsresorption.[359] Weitere positive Eigenschaften von Implantatkonstruktionen sind hohe Erfolgsraten, langjährige Überlebenszeiten sowie eine Zunahme der Lebensqualität und Zufriedenheit der Patienten.[5, 18, 49, 56, 150, 178, 179, 196-198, 248, 258, 314]

Neben den genannten Vorteilen der modernen Implantologie berichten *Al-Dwairi et al.* indessen über die nicht zu vernachlässigenden Nachteile. Insbesondere der hohe finanzielle Eigenanteil bewegt viele Patienten dazu, sich gegen implantatgetragenen Zahnersatz zu entscheiden.[7] Auch der umfangreiche Behandlungs- und Zeitaufwand, die Notwendigkeit eines chirurgischen Eingriffes und eines eventuell vorher erforderlichen Knochenaufbaus stellt für einige Patienten ein Ausschlusskriterium für eine Implantation dar.[37, 134, 330]

Vor einer Implantation bedarf es einer strengen Indikationsstellung, da spezielle Grundvoraussetzungen wie beispielsweise ein weitestgehend abgeschlossenes Kieferwachstum sowie ein ausreichendes Knochenangebot gegeben sein müssen.[72, 88, 350, 353] Neben dem allgemeinanamnestischen Befund der Patienten spielen zudem bestimmte Risikofaktoren eine maßgebende Rolle bei der Entscheidung für oder gegen eine Implantation. Ein erhöhtes Risiko für Komplikationen nach Implantatinsertion haben unter anderem Patienten, die unter Diabetes mellitus[68, 252, 327, 345] oder auch Knochenstoffwechsel- und Wundheilungsstörungen[68, 74, 327] leiden. Zu den Risikopatienten zählen ebenso Patienten mit Erkrankungen des Parodontiums,[63, 90, 98, 118, 205, 243, 252, 327] Patienten mit Nikotinabusus[25, 63, 68, 74, 98, 127, 205, 252, 309, 345] sowie Patienten, die eine ungenügende Mundhygiene[25, 68, 90, 96, 114, 205, 331] aufweisen. Von besonderer Relevanz für die Erfolgswahrscheinlichkeit nach Implantation ist außerdem die Qualität und Dichte des umgebenden Kieferknochens.[63, 68, 74, 327, 330, 345]

3.2 Klinischer Langzeiterfolg von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten

3.2.1 *Festsitzende implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate*

Die zahlenmäßig überlegenen Komplikationen, die bei festsitzendem implantatgetragenem Zahnersatz auftreten können, sind insbesondere technischer Natur.[71, 237] Studien zufolge handelt es sich zumeist um Verblend- oder Gerüstfrakturen, Dezementierung von Suprakonstruktionen, Lockerungen beziehungsweise Frakturen von Abutmentschrauben oder Implantatfrakturen.[5, 24, 27, 54, 56, 136, 170, 178, 179, 196, 286, 289, 377] Der Großteil der biologischen Komplikationen ergibt sich aus der periimplantären Gingivitis sowie der Periimplantitis.[5, 54, 56, 178, 179, 286, 289, 344, 413] Treten irreversible Komplikationen wie beispielsweise eine ungenügende Osseointegration des Implantates auf, ist eine Explantation unentbehrlich.[216, 335, 344, 377, 413] Einen Überblick über die in der Literatur erfassten Komplikationen bietet Tabelle 3.1.

Tabelle 3.1: Komplikationen von festsitzenden implantatgetragenen Suprakonstruktionen (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, ABr = Anhängerbrücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, VMK = Verbund-Metall-Keramik, VK = Vollkeramik)

Autor	Jahr	Anzahl	Zeitraum (Jahre)	Komplikationen
Bianco[47] (Schweden)	2000	214 Pat 252 Kr 252 Impl	8	8,7 % Lockerung der Abutmentschraube
Brägger[54] (Schweiz)	2001	33 Pat 40 Impl-Br 84 Impl 15 Pat 18 Hybrid-Br 19 Impl 18 Pf 40 Pat 58 Br 124 Pf	4-5	11,4 % Pat mit Bruxismus 30,2 % Extensionsbrücken mit Verblendungsfrakturen (Impl > Pf) 9,6 % Periimplantitis 60,0 % technische Komplikationen mit Bruxismus 17,3 % technische Komplikationen ohne Bruxismus 37,1 % technische Komplikationen Br mit Extension 11,1 % technische Komplikationen Br ohne Extension

Berglundh[42] (Schweden)	2002	Metaanalyse (51 Studien)	5	2,5 % mangelhafte Osseointegration 40-60 % periimplantäre Gingivitis, Periimplantitis, Knochenabbau < 1 % Implantatfraktur technische Komplikationen bei herausnehmbarem ZE häufiger als bei festsitzendem ZE
Haas[143] (Österreich)	2002	71 Pat 76 Kr 76 Impl	10	22 % periimplantärer Knochenabbau > 2 mm 10 % Lockerung der Abutmentschraube
Krennmair[199] (Österreich)	2002	112 Pat 146 Kr 146 Impl	Ø 3	9,9 % Dezementierung der Suprakonstruktion 3,5 % Lockerung der Abutmentschraube 2,8 % Verblendungsfraktur
Pjetursson[288] (Schweiz)	2004	Metaanalyse (21 Studien) 1123 Pat 1336 Br 3578 Impl	5	14,0 % Verblend- und Gerüstfraktur 8,6 % Periimplantitis 7,3 % Lockerung/Fraktur der Abutmentschraube 0,4 % Implantatfraktur
Zinsli[413] (Schweiz)	2004	149 Pat 298 Impl	5	2,3 % Periimplantitis 0,7 % Fraktur der Abutmentschraube Lockerung der Abutmentschraube
Larsson[213, 211, 212] (Schweden)	2006	18 Pat 25 Br VK 61 Impl	1	32 % Verblendungsfraktur
	2010		5	44 % Verblendungsfraktur
	2016		10	44 % Verblendungsfraktur
Ormianer[270] (Israel)	2006	60 Pat 137 ZE 218 Impl	5	5,1 % Verblendungsfraktur 2,9 % mangelhafte Osseointegration 0,7 % Dezementierung der Suprakonstruktion
Kreissl[196] (Deutschland)	2007	76 Pat 46 Kr einzeln 81 Kr verblockt 7 Br 23 ABr 205 Impl	5	5,7 % Verblendungsfraktur 6,7 % Lockerung der Abutmentschraube 3,9 % Fraktur der Abutmentschraube 1,0 % Gerüstfraktur der Suprakonstruktion
Pjetursson[286] (Schweiz)	2007	Metaanalyse (24 Studien) 1384 Br (26 Studien) 465 Kr	10	Verblendungsfraktur Lockerung der Abutmentschraube Dezementierung der Suprakonstruktion

Jung[178] (Schweiz)	2008	Metaanalyse (26 Studien) 1558 Kr 1558 Impl	5	9,7 % periimplantäre Gingivitis 6,3 % Periimplantitis 4,5 % Verblendungsfraktur 12,7 % Lockerung der Abutmentschraube 0,35 % Fraktur der Abutmentschraube 0,14 % Implantatfraktur
Aglietta[5] (Schweiz)	2009	Metaanalyse (5 Studien) 155 ABr 354 Impl	10	10,3 % Verblendungsfraktur 8,2 % Lockerung der Abutmentschraube 5,7 % Dezementierung der Supra-konstruktion 5,4 % Periimplantitis 2,1 % Fraktur der Abutmentschraube 1,3 % Implantatfraktur
Örtorp[275] (Schweden)	2009	155 Pat 825 Impl	15	periimplantäre Gingivitis Verblendungsfraktur Gerüstfraktur Lockerung/Fraktur der Abutmentschraube
Zurdo[418] (England)	2009	Review (3 Studien) 142 Br 74 ABr	5	9,7 % technische Komplikationen Br 20,3 % technische Komplikationen ABr Verblendungsfraktur Lockerung der Abutmentschraube
Bonde[48] (Dänemark)	2010	45 Pat 49 Kr 49 Impl	10	10,2 % Periimplantitis 10,2 % technische Komplikationen
Krennmair[200] (Österreich)	2010	216 Pat 244 ZE 541 Impl	5	9,8 % Dezementierung der Supra-konstruktion 4,5 % Lockerung der Abutmentschraube
Salinas[322] (USA)	2010	Metaanalyse (26 Studien) 1558 Impl Kr	5	12,7 % Lockerung der Abutmentschraube 9,7 % Periimplantitis 6,3 % periimplantärer Knochenabbau > 2 mm 0,35 % Fraktur der Abutmentschraube
Jung[179] (Schweiz)	2012	Metaanalyse (46 Studien) 3199 Kr 3223 Impl	5	7,1 % periimplantäre Gingivitis 5,2 % Periimplantitis 8,8 % Lockerung der Abutmentschraube 4,1 % Dezementierung der Supra-konstruktion 3,5 % Verblendungsfraktur

Papaspyridakos[279] (USA)	2012	Metaanalyse 281 ZE	5	33,3 % Verblendungsfraktur 20,1 % periimplantärer Knochenabbau > 2 mm 13,0 % Gingivahyperplasie 10,4 % Fraktur der Abutmentschraube
			10	66,6 % Verblendungsfraktur 40,3 % periimplantärer Knochenabbau > 2 mm 26,0 % Gingivahyperplasie 20,8 % Fraktur der Abutmentschraube
Pjetursson[289] (Schweiz)	2012	Metaanalyse (32 Studien) 2100 Pat 1881 Br 4266 Impl	10	13,5 % Verblendungsfraktur 8,5 % Periimplantitis 5,3 % Lockerung der Abutmentschraube 4,7 % Dezementierung der Suprakonstruktion
Romeo[317] (Italien)	2012	Metaanalyse (6 Studien) 222 ABr 498 Impl	5	5,7 % biologische Komplikationen 10,1 % Verblendungsfraktur 5,9 % Dezementierung der Suprakonstruktion 7,9 % Lockerung der Abutmentschraube 1,6 % Fraktur der Abutmentschraube 0,7 % Implantatfraktur
Sailer[320] (Schweiz)	2012	Metaanalyse (59 Studien)	5	11,9 % technische Komplikationen zementierte Kr 24,4 % technische Komplikationen verschraubte Kr 24,5 % technische Komplikationen zementierte Br 22,1 % technische Komplikationen verschraubte Br
Schwarz[338] (Deutschland)	2012	153 Pat 179 Kr VMK 53 Kr VK 232 Impl	8	9,5 % Verblendungsfraktur Kr VMK 24,5 % Verblendungsfraktur Kr VK
Chappuis[73] (Schweiz)	2013	67 Pat 95 Impl	20	20 % biologische Komplikationen 32 % technische Komplikationen
Hartlev[146] (Dänemark)	2013	55 Pat 55 Kr 55 Impl	2,75	7,2 % Periimplantitis 7,2 % Dezementierung der Suprakonstruktion 1,8 % Lockerung der Abutmentschraube
Busenlechner[63] (Österreich)	2014	4316 Pat 13147 Impl	8	Verlustrisiko für Implantate: 3-fach erhöht bei Pat mit Nikotinabusus 2-fach erhöht bei Pat mit Parodontitis

Esquivel-Upshaw[116] (USA)	2014	55 Pat 72 Br 144 Impl	2	13,9 % Verblendungsfraktur
Kolgeci[189] (Schweiz)	2014	127 Pat 120 Kr Oxidkeramik 73 Br Oxidkeramik 289 Impl	7	3,1 % Verblendungsfraktur 2,6 % Lockerung der Abutmentschraube 1,6 % Dezementierung der Suprakonstruktion 1,6 % Gerüstfraktur
Mangano[237] (Schweiz)	2014	642 Pat 478 Kr 242 Br 19 festsitzende Pro 1494 Impl	10	2,0 % Dezementierung der Suprakonstruktion 1,2 % Verblendungsfraktur 0,9 % mangelhafte Osseointegration 0,6 % Lockerung der Abutmentschraube 0,3 % Periimplantitis
Wittneben[394] (Schweiz)	2014	303 Pat 268 Kr 127 Br	Ø 10,8	20,3 % Verblendungsfraktur 2,6 % Lockerung der Abutmentschraube 2,1 % Dezementierung der Suprakonstruktion
Konstantinidis[191] (Deutschland)	2015	7 Pat 7 Br Oxidkeramik 15 Impl	3	71 % Verblendungsfraktur
Le[215] (Schweden)	2015	Review (4 Studien) Br Oxidkeramik	5	30,5 % Komplikationen Verblendungsfraktur Dezementierung der Suprakonstruktion
Mangano[232] (Italien)	2015	49 Pat 15 Kr 43 Br 178 Impl	20	10,3 % technische Komplikationen 3,4 % biologische Komplikationen
Monaco[253] (Italien)	2015	131 Pat 210 Kr + Br Oxidkeramik	5	4,3 % Verblendungsfraktur 3,3 % Gerüstfraktur
Degidi[98] (Italien)	2016	114 Pat 284 Impl	10	6,1 % Periimplantitis 0,9 % mangelhafte Osseointegration Risikofaktor: Nikotinabusus
Donati[105] (Schweden)	2016	31 Pat 35 Kr 35 Impl	12	8,6 % Periimplantitis 8,6 % Lockerung der Abutmentschraube 5,7 % Verblendungsfraktur
Mangano[233] (Italien)	2017	65 Pat 44 Kr 47 Br 142 Impl	10	11,9 % biologische Komplikationen 7,6 % technische Komplikationen

Teichmann[362] (Deutschland)	2017	12 Pat 17 Kr Glas-keramik	10	5,9 % Verblendungsfraktur
Ülkü[368] (Türkei)	2017	40 Pat 159 Impl	4	55,0 % Retentionsverlust 22,5 % Lockerung/Fraktur der Abutment-schraube 17,5 % periimplantäre Gingivitis 2,5 % Periimplantitis 2,5 % Verblendungsfraktur
Beschnidt[45] (Deutschland)	2018	196 Pat 285 Impl	5	1,8 % mangelhafte Osseointegration 1,1 % Dezementierung der Supra-konstruktion 0,7 % Lockerung der Abutmentschraube 0,7 % Verblendungsfraktur
Pieralli[284] (Deutschland)	2018	Metaanalyse (5 Studien Br, 7 Studien festsitzende Pro) 540 ZE Oxidkeramik	5	22,8 % Verblendungsfraktur Br 34,8 % Verblendungsfraktur Pro
Pjetursson[290] (Schweiz)	2018	Metaanalyse (35 Studien) 4363 Kr VMK 912 Kr Oxidkeramik	5	2,9 % Verblendungsfraktur Kr VMK 2,8 % Verblendungsfraktur Kr VK 0,2 % Gerüstfraktur Kr VMK 2,1 % Gerüstfraktur Kr VK
Raes[297] (Italien)	2018	46 Pat 57 Impl	4	9,7 % technische Komplikationen 4,8 % biologische Komplikationen
Sailer[321] (Schweiz)	2018	Metaanalyse (19 Studien) 932 Br VMK 175 Br Oxidkeramik	5	11,6 % Verblendungsfraktur Br VMK 50,0 % Verblendungsfraktur Br VK 0,2 % Gerüstfraktur Br VMK 4,1 % Gerüstfraktur Br VK
Saridakis[327] (Deutschland)	2018	98 Pat 207 Impl	Ø 2,8	5,3 % mangelhafte Osseointegration 1,0 % Periimplantitis 0,5 % okklusales Trauma
Cantner[65] (Deutschland)	2019	58 Pat 114 Kr Oxidkeramik 114 Impl	3	1,8 % Verblendungsfraktur

Castellanos-Cosano[68] (Spanien)	2019	44 415 Impl	4	19 %-65 % periimplantäre Gingivitis 1 %-47 % Periimplantitis mangelhafte Osseointegration Risikofaktoren: mangelhafte Mundhygiene, Nikotinabusus, Diabetes mellitus, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems, Infektionen, Knochenqualität, Bruxismus
Krennmair[205] (Österreich)	2019	85 Pat 295 Impl	5	25,3 % periimplantäre Gingivitis 3,7 % Periimplantitis Risikofaktoren: Nikotinabusus, mangelhafte Mundhygiene, Parodontitis
Stein-Lausnitz[379] (Deutschland)	2019	Metaanalyse (7 Studien) 185 Hybrid-Br	10	11,4 % kleine biologische Komplikationen 12,4 % schwerwiegende biologische Komplikationen 12,4 % kleine technische Komplikationen 1,6 % schwerwiegende technische Komplikationen
Weigl[386] (Deutschland)	2019	22 Pat 22 Kr VK 22 Kr Oxidkeramik 44 Impl	1	9,1 % periimplantäre Gingivitis Kr VMK 4,5 % periimplantäre Gingivitis Kr VK
Jensen-Louwerse[175] (Niederlande)	2021	23 Pat 23 ABr 23 Impl	Ø 6,5	89,3 % Periimplantäre Mukositis 17,9 % Periimplantitis 7,1 % Verblendungsfraktur 3,6 % Dezementierung der Suprakonstruktion 3,6 % Lockerung der Abutmentschraube
Pjetursson[287] (Schweiz)	2021	Metaanalyse (49 Studien)	≥ 1	1,65 % Verblendungsfraktur VMK 0,39 % Verblendungsfraktur VK
Cecchinato[69] (Italien)	2022	241 Pat 729 Impl	Ø 4,8	19,5 % technische Komplikationen 14,1 % periimplantärer Knochenabbau > 2 mm 4,6 % Implantatverlust
Di Francesco[101] (Italien)	2022	85 Pat 172 Impl	10	8,2 % technische Komplikationen 2,3 % Dezementierung der Suprakonstruktion 1,2 % Lockerung der Abutmentschraube 1,2 % Fraktur der Abutmentschraube 1,2 % Verblendungsfraktur 0,6 % Implantatfraktur

Ferreira[117] (Portugal)	2022	564 Pat 564 ZE	Ø 8,5	13,5 % Verblendungsfraktur 8,5 % periimplantäre Gingivitis oder Peri-implantitis 5,3 % Lockerung der Abutmentschraube 4,7 % Dezementierung der Supra-konstruktion 1,6 % Implantatfraktur
Bardis[33] (Rumänien)	2023	67 Pat 76 ZE 178 Impl	Ø 7,9	13,5 % biologische Komplikationen 28,7 % technische Komplikationen
Roccuzzo[313] (Schweiz)	2023	35 Pat 31 Kr 3 ABr 37 Zirkoni-umdioxid-Impl	Ø 2,6	59,5 % periimplantäre Mukositis 5,4 % Lockerung der Abutmentschraube 5,4 % Verblendungsfraktur
Saponaro[326] (USA)	2023	94 Pat 82 Kr 51 Br 325 Impl	11	5,88 % Verblendungsfraktur 4,57 % Lockerung der Abutmentschraube 2,61 % Dezementierung der Supra-konstruktion

Bezüglich des festsitzenden implantatgetragenen Zahnersatzes und der Implantate bietet Tabelle 3.2 eine Übersicht über die aus der bestehenden wissenschaftlichen Literatur hervorgehenden Überlebenszeiten.

Tabelle 3.2: Überlebenszeitanalysen zu festsitzenden implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, ABr = Anhängerbrücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, VMK = Verbund-Metall-Keramik, VK = Vollkeramik, KM = Kaplan-Meier, LT = Life-Table, Q = Quotientenbildung, k.A. = keine Angabe)

Autor	Jahr	Anzahl	Statistik	Zeitraum (Jahre)	Überlebensrate
Jemt[173] (Schweden)	1992	87 Pat 127 ZE 354 Impl	Q	1	100 % ZE 98,6 % Impl
Cranin[86] (USA)	1993	30 Pat 30 Kr 30 Impl	LT	Ø 7,1	83,3 % ZE 83,3 % Impl
Jemt[171] (Schweden)	1993	67 Pat 94 ZE 259 Impl	LT	5	100 % ZE 97,2 % Impl
Jemt[174] (Schweden)	1993	50 Pat 70 Kr 70 Impl	LT	3	98,5 % Kr 98,5 % Impl
Schmitt[332] (Kanada)	1993	32 Pat 40 Kr 40 Impl	k.A.	Ø 2,9	100 % Kr 91,5 % Impl
Zarb[405] (Kanada)	1993	30 Pat 34 ZE 94 Impl	Q	Ø 4,7	100 % ZE 91,5 % Impl
Zarb[406] (Kanada)	1993	35 Pat 46 ZE 105 Impl	Q	Ø 5,2	100 % ZE 94,3 % Impl
Ekfeldt[110] (Schweden)	1994	77 Pat 93 Kr 93 Impl	Q	Ø 1,5-2,5	90,3 % ZE 97,8 % Impl
Jemt[164] (Schweden)	1994	76 Pat 76 ZE 449 Impl	LT	5	95,9 % ZE 92,1 % Impl
Laney[210] (USA)	1994	92 Pat 107 Kr 107 Impl	Q	3	89,6 % Kr 97,2 % Impl
Andersson[17, 12, 15] (Schweden)	1995	57 Pat 65 Kr 65 Impl	LT	2-3	93,7 % Kr 98,5 % Impl
				3-4	89 % Kr 97,3 % Impl
	1998			5	93,7 % Kr 98,5 % Impl
Becker[35] (USA)	1995	22 Pat 24 Kr 24 Impl	Q	1	95,7 % Kr 95,7 % Impl

Engquist[115] (Schweden)	1995	58 Pat 82 Kr 82 Impl	Q	1-5	96,3 % Kr 97,6 % Impl
Henry[151] (Australien)	1995	43 Pat 53 Kr 53 Kr	Q	1	96,2 % Kr 98,2 % Impl
Jemt[172] (Schweden)	1995	150 Pat herausnehmbarer u. festsitzender ZE 801 Impl	LT	5	97 % festsitzender ZE 92,1 % Impl. fest-sitzender ZE
Olsson[269] (Schweden)	1995	22 Pat 46 Br (23 Impl-Br, 23 Hybrid-Br) 69 Impl	Q	5	83 % Impl-Br 91 % Hybrid-Br 88 % Impl
Avivi-Arber[27] (Kanada)	1996	41 Pat 49 Kr 49 Impl	k.A.	1-8	100 % ZE 100 % Impl
Balshi[31] (USA)	1996	47 Pat 47 Kr 72 Impl	Q	3	98,6 % Kr 98,6 % Impl
Buser[64] (Schweiz)	1996	9 Pat 12 Impl	k.A.	5	100 % ZE 100 % Impl
Henry[150] (Australien)	1996	75 Pat 86 Kr 86 Impl	LT	5	95,3 % Kr 96,6 % Impl OK 100 % Impl UK
Makkonen[229] (Finnland)	1997	13 Pat 77 Impl	k.A.	5	100 % ZE 100 % Impl
Parein[280] (USA)	1997	152 Pat 224 ZE 392 Impl	KM	6	81,9 % ZE 89 % Impl
Andersson[16] (Schweden)	1998	Klinik: 19 Pat, 19 Kr, 19 Impl Praxis: 19 Pat, 19 Kr, 19 Impl	LT	5	Klinik: 94,4 % Kr, 100 % Impl Praxis: 100 % Kr, 100 % Impl
Arvidson[23] (Schweden)	1998	107 Pat 618 Impl	Q	1	100 % ZE 98,9 % Impl
				3	100 % ZE 98,9 % Impl
				5	100 % ZE 98,7 % Impl
Behr[36] (Deutschland)	1998	97 Pat 47 herausnehmbarer u. 50 festsitzender ZE 138 ITI-Impl 50 IMZ-Impl	KM	Ø 3,5	28,8 % Komplikationen ZE ITI 97,3 % ITI-Impl 77,4 % Komplikationen IMZ-Impl 100 % IMZ-Impl

Karlsson[181] (Schweden)	1998	50 Pat 52 Br 133 Impl	Q	2	95,7 % Br 97,7 % Impl
Lindh[223] (Schweden)	1998	Metaanalyse (18 Studien)	LT	6-7	97,5 % Kr 93,6 % Br
Scheller[328] (Deutschland)	1998	82 Pat 99 Kr 99 Impl	LT	5	91,1 % Kr 95,9 % Impl
Watzek[384] (Österreich)	1998	20 Pat 5 Br 15 Steg-Pro 155 Impl	KM	5,8	100 % ZE 95,4 % Impl
Wyatt[400] (Kanada)	1998	77 Pat 97 Br 230 Impl	KM	Ø 5,4	97 % ZE 94 % Impl
Gunne[142] (Schweden)	1999	23 Pat 46 Br (23 Impl-Br, 23 Hybrid-Br) 69 Impl	LT	10	80 % Impl Br 85 % Hybrid-Br 88 % Impl
Keller[182] (USA)	1999	17 Pat 17 ZE 125 Impl	Q	12	100 % ZE 94 % Impl
Lekholm[217] (Schweden)	1999	127 Pat 163 ZE 461 Impl	LT	10	86,5 % ZE 92,6 % Impl
Ortorp[273, 275] (Schweden)	1999	Gruppe 1: 155 Pat, 155 ZE Gruppe 2: 53 Pat, 53 ZE, 825 Impl	LT	5	Gruppe 1: 95,9 % ZE, 99,7 % Impl
	2009			15	Gruppe 1: 89,2 % ZE, 98,7 % Impl Gruppe 2: 100 % ZE, 98,9 % Impl
Polizzi[292] (Italien)	1999	21 Pat 30 Kr 30 Impl	LT	6-7	96,7 % Kr 96,7 % Impl
Schwartz-Arad[336] (Israel)	1999	55 Pat 78 Kr 78 Impl	Q	5	14 % Komplikationen ZE 92,3 % Impl
Wennerberg[389] (Schweden)	1999	137 Pat 133 ZE 422 Impl	LT	5	94 % Impl
Bianco[47] (Italien)	2000	214 Pat 252 Kr 252 Impl	LT	8	95,9 % Kr 95,9 % Impl
Creugers[87] (Niederlande)	2000	Metaanalyse (9 Studien) 459 Impl	LT	4	83 % Kr 95,9 % Impl

Hosny[158] (Belgien)	2000	18 Pat 24 Br 48 Impl	k.A.	Ø 6,5	100 % ZE 100 % Impl
Naert[260] (Belgien)	2000	219 Pat 263 Kr 270 Impl	KM	11	96,5 % ZE 93 % Impl
Palmer[276] (England)	2000	15 Pat 15 Kr 15 Impl	Q	5	93,3 % Kr 100 % Impl
Rodriguez[314] (USA)	2000	687 Pat 882 herausnehmbarer u. festsitzender ZE 2900 Impl	LT	3	97,6 % Kr 93,3 % Br
Zitzmann[415] (Schweiz)	2000	10 Pat 10 ZE 84 Impl	KM	1,5	100 % ZE 97,6 % Impl
Brägger[54] (Schweiz)	2001	Gruppe 1: 33 Pat, 40 Br, 84 Impl Gruppe 2: 15 Pat, 18 Hybrid-ZE, 19 Impl, 18 natürl. Pfeiler	Q	4-5	97,5 % Impl Br 94,4 % Hybrid-Br 98 % Impl 98,6 % natürl. Pfeiler
Gotfredsen[137] (Dänemark)	2001	50 Pat 52 Br 133 Impl	LT	5	96,2 % Br 97,6 % Impl
Mengel[244] (Deutschland)	2001	Aggressive PA: 5 Pat, 10 ZE, 36 Impl Chronische PA: 5 Pat, 7 ZE, 12 Impl	KM	5	Aggressive PA: 100 % ZE 88,8 % Impl Chronische PA: 100 % ZE 100 % Impl
Mericske-Stern[246] (Schweiz)	2001	72 Pat 109 Kr 109 Impl	LT	5	94,5 % Kr 99,1 % Impl
Naert[257] (Belgien)	2001	123 Pat 123 Br 329 Impl	Q	Ø 6,2	98,5 % Impl
Norton[266] (Großbritannien)	2001	13 Pat 14 Kr 14 Impl	k.A.	Ø 5,3	60,8 %-95,6 % Impl
Andersen[11] (Norwegen)	2002	8 Pat 8 Kr 8 Impl	k.A.	5	100 % Kr 100 % Impl
Berglundh[42] (Schweden)	2002	Metaanalyse (51 Studien)	Q	5	97 %-98 % Impl
Haas[143] (Österreich)	2002	71 Pat 76 Kr 76 Impl	KM	10	93 % Kr 93 % Impl

Krennmair[199] (Österreich)	2002	112 Pat 146 Kr 146 Impl	LT	Ø 3	96,4 % Kr 91,4 % Impl
Naert[261, 262] (Belgien)	2002	660 Pat 810 ZE 1956 Impl	LT	16	95,8 % ZE 91,4 % Impl
Andersson[14] (Schweden)	2003	32 Pat 36 ZE 105 Impl	LT	5	97,2 % ZE
Attard[24] (Kanada)	2003	130 Pat 432 Impl	KM	15	89 % ZE 91,6 % Impl
Ekelund[109] (Schweden)	2003	38 Pat 49 ABr 100 Impl	LT	7	98 % ABr 97 % Impl
Jemt[170] (Schweden)	2003	Gruppe 1: 21 Pat, 42 Br, 117 Impl Gruppe 2: 21 Pat, 21 Br, 53 Impl	LT	5	Gruppe 1: 95 % Br NEM 100 % Br Gold 100 % Impl OK 98,9 % Impl UK Gruppe 2: 90 % ZE 95,8 % Impl OK 90,5 % Impl UK
Romeo[315] (Italien)	2003	Gruppe 1: 21 Pat, 21 Br VMK, 21 Br Gold, 117 Impl	LT	5	95,0 % Br VMK 100 % Br Gold 100 % Impl OK 98,9 % Impl UK
		Gruppe 2: 21 Pat, 21 Br VMK, 53 Impl			90,0 % Br VMK 95,8 % Impl OK 90,5 % Impl UK
Attard[25] (Kanada)	2004	45 Pat 47 ZE 265 Impl	LT	20	84,3 % ZE 86,8 % Impl
Becker[34] (USA)	2004	36 Pat 60 ABr 115 Impl	k.A.	10	100 % ABr 100 % Impl
Bernard[43] (Schweiz)	2004	28 Pat 40 Kr 40 Impl	k.A.	Ø 4,2	100 % ZE 100 % Impl
Bianchi[46] (Italien)	2004	116 Pat 116 Kr 116 Impl	k.A.	9	100 % ZE 100 % Impl
Engfors[114] (Schweden)	2004	133 Pat > 79 Jahre 137 ZE 761 Impl	LT	5	93,0 % Impl OK 99,5 % Impl UK
		115 Pat < 80 Jahre 118 ZE 670 Impl			92,6 % Impl OK 99,7 % Impl UK

Gotfredsen[135, 136] (Dänemark)	2004	20 Pat 20 Kr 20 Impl	Q	5	95 % Kr 100 % Impl
	2012			10	90 % Kr 100 % Impl
Pjetursson[288] (Schweiz)	2004	Metaanalyse (21 Studien) 1336 Br 5578 Impl	Q	5	95 % Br 95,4 % Impl
				10	86,7 % Br 92,8 % Impl
Romeo[316] (Italien)	2004	250 Pat 340 ZE (106 Kr, 137 Br) 759 Impl	k.A.	7	95,6 % Impl Kr 96,1 % Impl Br
Wennström[390] (Schweden)	2004	51 Pat 56 Br 149 Impl	Q	5	94,7 % Br 97,3 % Impl
Zinsli[413] (Schweiz)	2004	149 Pat herausnehmbarer u. festsitzender ZE 298 Impl	LT	5	100 % ZE 98,7 % Impl
Brägger[55] (Schweiz)	2005	Gruppe 1: 48 Pat, 69 Kr, 69 Impl Gruppe 2: 29 Pat, 33 Br, 69 Impl Gruppe 3: 21 Pat, 22 Hybrid-Br, 22 Impl, 24 natürl. Pfeiler	Q	10	89,9 % Kr 93,95 % Br 68,2 % Hybrid-Br 92,7 % Impl
Degidi[99] (Italien)	2005	11 Pat 16 ZE 93 Impl	LT	7	98,5 % ZE 93,5 % Impl
Rasmusson[304] (Schweden)	2005	36 Pat 36 ZE 199 Impl	Q	10	100 % ZE 96,9 % Impl
		16 ZE OK 91 Impl OK			96,6 % Impl OK
		20 ZE 108 Impl UK			97,2 % Impl UK
Wennström[391] Donati[105] (Schweden)	2005	40 Pat 45 Kr 45 Impl	Q	5	97,7 % Kr 97,7 % Impl
	2016			12	90,9 % Impl
Zarone[407] (Italien)	2005	51 Pat 86 Kr VK	Q	2	98,3 % VK Kr
Eliasson[112] (Schweden)	2006	123 Pat 146 Br 375 Impl	Q	Ø 9,5	96,8 % Br mit 2 Impl 97,6 % Br mit 3 Impl 98,4 % Impl
Jemt[170] (Schweden)	2006	32 Pat 203 Impl	LT	15	90,6 % ZE 90,9 % Impl

Lekholm[216] (Schweden)	2006	27 Pat 69 Impl	k.A.	20	91 % Impl
Levin[219] (Israel)	2006	1215 Pat 1387 Kr 1387 Impl	k.A.	Ø 2.7	93,1 % Impl
Ormianer[270] (Israel)	2006	60 Pat 137 ZE 218 Impl	LT	5	96,3 % ZE 98,2 % Impl
Kreissl[196] (Deutschland)	2007	76 Pat 112 ZE 205 Impl	KM	5	94,5 % ZE
Pjetursson[286] (Schweiz)	2007	Metaanalyse 1384 Br 465 Kr	Q	5	94,5 % Kr 95,2 % Br
				10	89,4 % Kr 86,7 % Br
Salinas[324] (USA)	2007	Metaanalyse (51 Studien) 2963 Kr	Q	5	95,1 % Kr
Hälg[144] (Schweiz)	2008	27 Pat 22 Kr 5 Br 32 Impl	Q	Ø 5,3	96,3 % ZE 96,9 % Impl
Jemt[165] (Schweden)	2008	38 Pat 47 Kr 47 Impl	LT	15	77 % Kr 100 % Impl
Jung[179] (Schweiz)	2008	Metaanalyse (26 Studien) 1558 Kr 1558 Impl	Q	5	94,5 % Kr 96,8 % Impl
Ortorp[274] (Schweden)	2008	104 Pat 120 ZE 351 Impl	LT	10	93,7 % ZE 93 % Impl
Purcell[296] (USA)	2008	46 Pat 46 ZE 233 Impl	Q	Ø 7,9	100 % ZE 99,6 % Impl
Aglietta[5] (Schweiz)	2009	Metaanalyse (5 Studien) 155 ABr 354 Impl	Q	5	94,3 % ABr 98,5 % Impl
				10	88,9 % ABr 97,1 % Impl
Degidi[96] (Italien)	2009	155 Pat 550 Impl	Q	5	100 % ZE 98,8 % Impl mit Sofort-belastung 100 % Impl mit ver-zögerter Belastung

Lambert[209] (USA)	2009	Review (33 Studien) 8376 Impl	rein deskriptiv	1	98,2 % ZE 94 % Impl
				5	94,6 % ZE 90,7 % Impl
				10	92,1 % ZE 90,3 % Impl
				15	87,7 % Impl
Ortorp[275] (Schweden)	2009	155 Pat 825 Impl	LT	15	91,7 % ZE 98,7 % Impl
Ridell[308] (Schweden)	2009	21 Pat 21 Br 94 Impl	Q	Ø 8	100 % ZE
Romeo[318] (Italien)	2009	45 Pat 59 ABr 116 Impl	LT	Ø 8,2	100 % ABr 100 % Impl
Vigolo[374] (Italien)	2009	144 Pat 182 Kr 182 Impl	k.A.	5	100 % Kr 100 % Impl
Zurdo[418] (England)	2009	Review (3 Studien) 142 Br 74 ABr	rein deskriptiv	5	95,8 % Br 91,9 % ABr
Bonde[48] (Dänemark)	2010	49 Kr 52 Impl	Q	10	94 % Kr 94 % Impl
Friberg[124] (Schweden)	2010	111 Pat herausnehmbarer u. festsitzender ZE	LT	5	100 % ZE 99,1 % Standard + TiUnite Impl 98,4 % TiUnite Impl
Krennmair[200] (Deutschland)	2010	216 Pat 541 Impl	LT	5	100 % ZE 98,3 % Impl
Schmidlin[331] (Schweiz)	2010	39 Kr	KM	5	83,6 % Kr
				10	66,2 % Kr
Salinas[322] (USA)	2010	Metaanalyse (26 Studien) 1558 Impl	Q	5	94,5 % Kr (davon 95,5 % Kr VMK, 91,2 % Kr VK) 96,8 % Impl
Simonis[344] (Frankreich)	2010	76 Pat 162 Impl	k.A.	10	89,2 % Impl
				16	89,2 % Impl
Urdaneta[369] (USA)	2010	81 Pat 326 Kr 326 Impl	Q	Ø 5,9	94,8 % Kr 98,1 % Impl
Krennmair[202] (Österreich)	2011	36 Pat 36 Br 72 Impl	k.A.	Ø 4,7	100 % ZE 100 % Impl

Mertens[249] (Deutschland)	2011	17 Pat 17 ZE 106 Impl	Q	8	100 % ZE 99 % Impl
Visser[377] (Niederlande)	2011	92 Pat	k.A.	5	96,7 % Impl
Aglietta[4] (Schweiz)	2012	17 Pat 19 Kr 19 Impl	k.A.	5	100 % ZE 100 % Impl
		21 Pat 21 ABr 42 Impl			
Degidi[97] (Italien)	2012	59 Pat 210 Impl	LT	10	98,0 % ZE 97,6 % Impl
Gotfredsen[136] (Dänemark)	2012	20 Pat 20 Kr 20 Impl	Q	10	90 % Kr 100 % Impl
Jung[179] (Schweiz)	2012	Metaanalyse (46 Studien)	Q	5	96,3 % Kr 97,2 % Impl
				10	89,4 % Kr 95,2 % Impl
Ormianer[271] (Israel)	2012	46 Pat 173 Impl	k.A.	10	99 % Impl
Perelli[283] (Italien)	2012	87 Pat 63 Kr 47 Br 110 Impl	k.A.	5	93,1 % ZE 90 % Impl
Pjetursson[289] (Schweiz)	2012	Metaanalyse (32 Studien) 2100 Pat 1881 ZE	Q	5	95,4 % Kr 95,6 % Impl
				10	80,1 % Kr 93,1 % Impl
Romeo[317] (Italien)	2012	Metaanalyse (6 Studien) 222 ABr 498 Impl	Q	5	97,1 % ABr 98,9 % Impl
Sailer[320] (Schweiz)	2012	Metaanalyse (59 Studien)	Q	5	96,5 % zem. Kr 89,3 % verschr. Kr 96,9 % zem. Br 98,0 % verschr. Br
Schwarz[338] (Deutschland)	2012	153 Pat 179 Kr VMK 53 Kr VK 232 Impl	KM	5,8	98,3 % Kr VMK 86,8 % Kr VK
Schneider[333] (Schweiz)	2012	70 Pat 100 Kr 100 Impl	Q	5	95,8 % Kr 95,8 % Impl

Wolleb[398] (Schweiz)	2012	37 Kr 15 Br 76 Impl	Q	5	100 % Kr 100 % Br 100 % Impl
Andersson[13] (Schweden)	2013	57 Pat 65 Kr 65 Impl	KM	18	83,8 % Kr 96,8 % Impl
Chappuis[73] (Schweiz)	2013	67 Pat 95 Impl	Q	20	89,5 % Impl
Hartlev[146] (Dänemark)	2013	55 Pat 55 Kr 55 Impl	Q	2,75	100 % Kr 98 % Impl
Hosseini[159] (Dänemark)	2013	59 Pat 98 Kr 98 Impl	Q	3	97 % Kr 100 % Impl
Lai[208] (China)	2013	168 Pat 231 Kr 231 Impl	LT	5	98,7 % Impl
				10	95,2 % Kr 98,3 % Impl
Lops[225] (Italien)	2013	85 Pat 85 Kr 85 Impl	KM	5	100 % Kr 100 % Impl
Rammelsberg[303] (Deutschland)	2013	132 Pat 166 Br (118 Impl.-Br, 48 Hybrid-Br)	KM	Ø 2,3	98,2 % Br 98,2 % Impl
Sivolella[346] (Italien)	2013	109 Pat 280 Impl	LT	16	Gruppe 1: 95,7 % Impl Gruppe 2: 97,2 % Impl
Vanlioglu[371] (Türkei)	2013	95 Pat 177 ZE (125 Kr einzeln, 18 Kr verblockt, 34 Br) 231 Impl	KM	10	97,7 % ZE
Busenlechner[63] (Österreich)	2014	4316 Pat 13147 Impl	KM	8	97 % Impl
Covani[85] (Italien)	2014	47 Pat 47 Kr 47 Impl	k.A.	5	95,7 % Impl
Esquivel-Upshaw[116] (USA)	2014	55 Pat 72 Br (36 VMK, 36 VK) 144 Impl	k.A.	2	100 % Br VMK 100 % Br VK
Francetti[123] (Italien)	2014	22 Pat 33 ZE 54 Impl	KM	6	96,7 % ZE 98 % Impl

Kim[188] (Australien)	2014	99 Pat 144 Br 203 Impl	Q	4	92,6 % Br 99,5 % Impl
		107 Pat 128 ABr 132 Impl			87,9 % ABr 96,7 % Impl
Kolgeci[189] (Schweiz)	2014	127 Pat 120 Kr 73 Br 289 Impl	LT	7	96,4 % ZE
Larsson[214] (Schweden)	2014	Metaanalyse (7 Studien) Kr VK	LT	5	97,1 % Kr
Mangano[237] (Italien)	2014	642 Pat 1494 Impl	KM	10	88,6 % komplikations-freier ZE 98,7 % Impl
Mangano[235] (Italien)	2014	194 Pat 215 Impl	KM	10	95,9 % Kr 98,5 % Impl
Pjetursson[285] (Schweiz)	2014	Metaanalyse (31 Studien ≤ Jahr 2000, 108 Studien > Jahr 2000)	Q	5	bis 2000: 93,5 % ZE gesamt 95,2 % zem. ZE 77,6 % verschr. ZE 92,6 % Kr 93,5 % Br
					nach 2000: 97,1 % ZE gesamt 97,9 % zem. ZE 96,8 % verschr. ZE 97,2 % Kr 96,4 % Br
Pozzi[294] (Italien)	2014	34 Pat 88 Impl	k.A.	1	100 % ZE 100 % Impl
Wittneben[394] (Schweiz)	2014	303 Pat 268 Kr 129 Br 511 Impl	Q	Ø 10,8	95,5 % ZE
Wittneben[395] (Schweiz)	2014	Metaanalyse (73 Studien)	Q	5	96,0 % zem. ZE 95,6 % verschr. ZE
Anitua[20] (Schweiz)	2015	63 Pat 128 Impl	KM	Ø 1,8	100 % ZE 100 % Impl
Branzén[58] (Schweden)	2015	36 Pat 54 Kr 54 Impl	k.A.	5	100 % Kr 100 % Impl
Konstantinidis[191] (Deutschland)	2015	7 Pat 7 Br 15 Impl	KM	3	85,7 % Br 93,3 % Impl

Friberg[125] (Schweden)	2015	259 Pat 1230 Impl	LT	5	98,5 %-100 % ZE 97,0 %-99,7 % Impl
Le[215] (Schweden)	2015	Review (4 Studien) Br	LT	5	100 % Br
Maló[230] (Portugal)	2015	332 Pat 594 Kr 594 Impl	LT	10	80,5 % komplikations-freier ZE 95,7 % Impl
Mangano[227] (Italien)	2015	49 Pat 58 ZE (15 Kr, 43 Br) 178 Impl	k.A.	20	85,5 % komplikations-freier ZE 97,2 % Impl
Monaco[253] (Italien)	2015	131 Pat 210 Kr + Br	KM	5	91,3 % ZE 92,0 % Impl
Muddugan-gadhar[255] (Indien)	2015	Metaanalyse (63 Studien)	Q	5	96,4 % Kr 94,5 % Br 91,3 % Hybrid-Br
Rehmann[306] (Deutschland)	2015	236 Pat 157 festsitzender ZE, 76 herausnehmbarer ZE 567 Impl	KM	3	87,7 % festsitzender ZE 97,7 % Impl
Rinke[310] (Deutschland)	2015	65 Pat 112 Kr 112 Impl	KM	Ø 7	98,1 % Kr 100 % Impl
Walton[380] (Australien)	2015	174 Pat 220 Kr 220 Impl	LT	15	96 % Impl SZ-Bereich 93,3 % Impl FZ-Bereich
Worni[399] (Schweiz)	2015	95 Pat 65 Kr 91 Br 294 Impl	KM	5	90,5 % ZE
Degidi[98] (Italien)	2016	114 Pat 284 Impl	Q	10	96,5 % ZE 97,2 % Impl
Donati[105] (Schweden)	2016	31 Pat 35 Kr 35 Impl	Q	12	90,9 % Kr 90,9 % Impl
Kern[184] (Deutschland)	2016	Metaanalyse (54 Studien)	KM	5	89,0 %-100 % ZE 97,9 % Impl OK 98,9 % Impl UK
Nejatidanesh[263] (Iran)	2016	232 Kr	k.A.	5	97,3 % Kr
Vigolo[375] (Italien)	2016	1159 Pat 2010 Impl	KM	5-8	98,9 % Impl
Wang[382] (China)	2016	5491 ZE 4760 Impl-Kr	k.A.	5	90,9 % komplikations-freier ZE 99,9 % Impl

Choi[79] (Südkorea)	2017	403 Pat 1151 Impl	KM	Ø 5,7	95 % Impl
Mangano[233] (Italien)	2017	65 Pat 91 ZE (44 Kr, 47 Br) 142 Impl	Q	10	92,4 % komplikations-freier ZE 96,5 % Impl
Rammelsberg[301] (Deutschland)	2017	630 Pat 557 Kr 594 Br 418 herausnehmbarer ZE 1569 Impl	KM	5	97 % Kr 95,5 % Br 98,2 % Impl
Teichmann[362] (Deutschland)	2017	12 Pat 17 Kr	KM	10	93,8 % Kr
Tey[363] (Singapur)	2017	194 Pat 266 Kr 266 Impl	k.A.	5	98,2 % Kr 100 % Impl
Balmer[30] (Schweiz)	2018	60 Pat 49 Kr 11 Br 71 Impl	Q	3	98,5 % ZE 98,5 % Impl
Beschnidt[45] (Deutschland)	2018	196 Pat 285 Kr 285 Impl	LT	1	100 % Kr 100 % Impl
				3	100 % Kr 99,6 % Impl
				5	100 % Kr 98,6 % Impl
Filius[120] (Niederlande)	2018	126 Pat 777 Impl	KM	5	90,5 % ZE 95,7 % Impl
				10	80,3 % ZE 89,2 % Impl
Jemt[166] (Schweden)	2018	4049 Pat 4585 zahnlose Kiefer 24781 Impl	LT	15	86,2 % ZE 98,1 % Impl
				25	83,8 % ZE 97,8 % Impl
Joda[176] (Schweiz)	2018	20 Pat 20 Kr 20 Impl	k.A.	3	100 % Kr 100 % Impl
Kim[188] (Korea)	2018	26 Pat 52 ZE 370 Impl	Q	1	98,9 % Impl
				5	98,6 % Impl
				7	97,8 % Impl

Mohanty[252] (USA)	2018	208 Pat 425 Impl Gr. 1: Diabetes mellitus Gr. 2: Parodontitis Gr. 3: Nikotinabusus Gr. 4: Bruxismus	Q	8-10	78,8 % Impl gesamt 71,0 % Impl Gr. 1 84,8 % Impl Gr. 2 73,0 % Impl Gr. 3 87,0 % Impl Gr. 4
Papaspyridakos[277, 278] (USA)	2018 2020	52 Pat 71 Br 457 Impl	KM	Ø 5,2	91,6 % ZE 98,7 % Impl
Pjetursson[290] (Schweiz)	2018	Metaanalyse (35 Studien)	Q	5	98,3 % Kr VMK 97,6 % Kr VK
Pol[291] (Niederlande)	2018	Metaanalyse (24 Studien) 765 Br	k.A.	Ø 5,8	99 % Br 99,6 % Impl
Raes[297] (Italien)	2018	46 Pat 57 Impl	Q	4	98,1 % ZE 98,1 % Impl
Sailer[321] (Schweiz)	2018	Metaanalyse (19 Studien) 1107 Br (932 Br VMK, 175 Br VK)	k.A.	5	98,7 % Br VMK 93 % Br VK
Saridakis[327] (Deutschland)	2018	98 Pat 130 Kr 13 Br 9 ABr 8 Pro 207 Impl	KM	Ø 2,8	91,5 % Impl
de Souza[94] (Brasilien)	2018	20 Pat 20 Kr 20 Impl (Durchmesser 3,3 mm)	Q	3	90 % Kr 95 % Impl
		20 Pat 20 Kr 20 Impl (Durchmesser 4,1 mm)			95 % Kr 100 % Impl
Storelli[355, 354] (Italien)	2018	Metaanalyse (9 Studien teilbezahnt, 14 Studien zahnlos) ABr	Q	5-10	teilbezahnt: 99,2 % ABr 98,4 % Impl zahnlos: 96,7 % ABr 99,0 % Impl
Ali[8] (USA)	2019	41 Pat 55 Br 359 Impl	k.A.	11	98,2 % Br 99,4 % Impl
Cantner[65] (Deutschland)	2019	58 Pat 114 Kr Oxidkeramik 114 Impl	KM	3	100 % Kr

Chrcanovic[80] (Schweden)	2019	438 Pat 567 Kr 567 Impl	k.A.	Ø 15	90,5 % Kr 93,5 % Impl
Krennmair[205] (Deutschland)	2019	85 Pat 295 Impl	LT	5	99,3 % Impl
Jemt[167] (Schweden)	2019	2453 Pat 9167 Impl	LT	15	91,7 % ZE 96,1 % Impl
				25	90,3 % ZE 95,3 % Impl
Ravidá[305] (USA)	2019	145 Pat 120 Kr einzeln 156 Kr verblockt 53 Br 382 Impl	KM	Ø 6,4	92,5 % Impl Kr 88,5 % Impl verblockte Kr 100 % Impl Br
Stein-Lausnitz[379] (Deutschland)	2019	Metaanalyse (7 Studien) 141 Pat 185 ZE auf natürl. Pf + Impl	Q	5	90,8 % ZE 94,8 % Impl
				10	82,5 % ZE 89,8 % Impl
Weigl[385] (Deutschland)	2019	22 Pat 22 Kr VMK 22 Kr Oxidkeramik 44 Impl	KM	1	100 % Kr
Weigl[386] (Deutschland)	2019	42 Pat 21 Kr VMK 21 Kr Oxidkeramik 42 Impl	KM	1	100 % Kr
Ackermann[3] (Deutschland)	2020	94 Pat 130 Impl	KM	≥ 5	96,6 % Impl
Agustín-Panadero[6] (Spanien)	2020	42 Pat 25 Kr VMK 25 Kr VK 50 Impl	KM	5	100 % Kr VMK 70 % Kr VK 98 % Impl
Chochlidakis[77] (USA)	2020	37 Pat 48 ABr	LT	3,5	88 % ABr
Rammelsberg[302] (Deutschland)	2020	404 Pat 319 Kr Gold 37 Kr VMK 286 Kr Oxidkeramik 10 Kr Glaskeramik 652 Impl	KM	5	96 % Kr
				10	92 % Kr
Tang[360] (China)	2020	130 Pat 180 Impl	KM	Ø 4,2	97,8 % Impl

Corbella[84] (Italien)	2021	112 Pat 344 Impl	k.A.	Ø 5,3	5-Jahres-ÜR: 100 % Impl Kr 98,1 % Impl Br 10-Jahres-ÜR: 99 % Impl Kr 97,4 % Impl Br
Jensen-Louwerse[175] (Niederlande)	2021	23 Pat 23 ABr 23 Impl	k.A.	Ø 6,5	100 % ABr 100 % Impl
Zierden[411] (Deutschland)	2021	320 Pat 295 Kr 25 Br 745 Impl	KM	Ø 2,9	87,4 % Kr/Br
Balmer[29] (Schweiz)	2022	47 Pat 46 Zirkoniumdioxid-Impl	KM	5	93 % Impl
Di Francesco[101] (Italien)	2022	85 Pat 172 Impl	KM	10	97,7 % Impl
Ferreira[117] (Portugal)	2022	564 Pat 564 ZE	LT	Ø 8,5	99,6 % – 100 % Impl
Horsch[157] (Deutschland)	2022	48 Pat 75 ABr	KM	Ø 3,6	5-Jahres-ÜR: 97,1 % ABr 10-Jahres-ÜR: 93,7 % ABr
		241 Pat 300 Br	KM	Ø 7,3	5-Jahres-ÜR: 97 % Br 10-Jahres-ÜR: 92,8 % Br
Roccuzzo[312] (Italien)	2022	84 Pat 172 Impl Gr. 1: parodontal gesund Gr. 2: mäßig parodontal geschädigt Gr. 3: schwer parodontal geschädigt	k.A.	20	93 % Impl insgesamt 94,9 % Impl Gr. 1 91,8 % Impl Gr. 2 93,1 % Impl Gr. 3
Bardis[33] (Rumänien)	2023	67 Pat 76 ZE 178 Impl	KM	Ø 7,9	96,6 % Impl
Roccuzzo[313] (Schweiz)	2023	35 Pat 31 Kr 3 ABr 37 Zirkoniumdioxid-Impl	k.A.	Ø 2,6	100 % Impl

Festsitzende Suprakonstruktionen auf Implantaten zeigen in der vorliegenden Fachliteratur 5-Jahres-Überlebensraten zwischen 70 % und 100 %. Die 10-Jahres-Überlebensraten liegen zwischen 66,2 % und 100 %. Für die Überlebensraten nach 15 Jahren ergeben sich Werte von 77 % bis 100 %. Ein Autor berichtet über eine 20-Jahres-Überlebensrate von 85,5 %, während ein weiterer Autor innerhalb zweier durchgeführter Studien 25-Jahres-Überlebensraten von 83,8 % und 90,3 % angibt.

Bezüglich der Funktionsdauer dentaler Implantate unter festsitzendem Zahnersatz werden in der wissenschaftlichen Literatur 5-Jahres-Überlebensraten zwischen 60,8 % und 100 % sowie 10-Jahres-Überlebensraten von 71 % bis 100 % angegeben. Die Werte für 15 Jahre liegen zwischen 91,6 % und 100 %. Für 20 Jahre werden vereinzelt Überlebensraten von bis zu 97,2 % beschrieben, während ein weiterer Autor innerhalb zweier durchgeführter Studien 25-Jahres-Überlebensraten von 95,3 % und 97,8 % ermittelt.

3.2.2 *Herausnehmbare implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate*

Herausnehmbarer Zahnersatz auf Implantaten kann sowohl von technischen als auch biologischen Komplikationen betroffen sein. Zu den technischen Komplikationen zählen beispielsweise Verblendungsfrakturen, Verschleiß der Prothesenzähne beziehungsweise Prothesenbasis, Retentionsverluste der Sekundärkonstruktion sowie Frakturen der Verankerungselemente beziehungsweise Prothesenbasis.[18, 25, 106, 111, 133, 148, 177, 186, 204, 197, 201, 203, 296, 307, 378, 393, 413] Tabelle 3.3 bietet eine Übersicht zu den aus der berücksichtigten Literatur hervorgehenden Komplikationen.

Tabelle 3.3: Komplikationen von herausnehmbaren implantatgetragenen Suprakonstruktionen (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, Pro = Prothese, Impl-Pro = implantatgetragene Prothese, TK = Teleskopprothese)

Autor	Jahr	Anzahl	Zeitraum (Jahre)	Komplikationen
Kiener[186] (Schweiz)	2001	41 Pat 41 Pro 173 Impl	Ø 3,2	1,7 % mangelhafte Osseointegration Lockerung der Abutmentschraube Retentionsverlust der Sekundärkonstruktion Druckstellen Austausch der Prothesenzähne
Berglundh[42] (Schweden)	2002	Metaanalyse (51 Studien)	5	2,5 % mangelhafte Osseointegration 40-60 % periimplantäre Gingivitis, Periimplantitis, periimplantärer Knochenabbau < 1 % Implantatfraktur technische Komplikationen in herausnehmbarem ZE häufiger als bei festsitzendem ZE
Fortin[122] (Schweden)	2002	45 Pat 45 Pro 245 Impl	5	20 % Probleme an Verbindungselement 6,7 % periimplantäre Gingivitis 2,2 % Fraktur des Verankerungselements (Steg) 2,0 % mangelhafte Osseointegration
Zinsli[413] (Schweiz)	2004	149 Pat 298 Impl	5	2,3 % Periimplantitis 0,7 % Fraktur der Abutmentschraube Lockerung der Abutmentschraube
Krennmair[198] (Österreich)	2007	22 Pat 22 Pro 108 Pf (60 Impl, 48 Pf)	Ø 3,2	5 % Lockerung der Abutmentschraube

Freitas[92] (Brasilien)	2012	Review (5 Studien)	-	Unterfütterung Retentionsverlust der Sekundärkonstruktion Fraktur der Prothesenbasis Lockerung der Abutmentschraube
Heschl[153] (Österreich)	2013	39 Pat 39 Steg-Pro 156 Impl	5	17,9 % Verschleiß von Prothesenzähnen 7,7 % Fraktur des Verankerungselements (Steg)
Mangano[236] (Italien)	2014	30 Pat 30 Steg-Pro OK 120 Impl	3	17,8 % technische Komplikationen 7,1 % biologische Komplikationen
Rammelsberg[300] (Deutschland)	2014	61 Pat 34 Impl-Pro 39 Hybrid-Pro 234 Impl 107 Pf	5	4,7 % Periimplantitis 3,7 % Verlust von Pfeilerzähnen 2,6 % Implantatverlust
Frisch[127] (Deutschland)	2015	20 Pat 20 TK-Pro 80 Impl	5,6	10,1 % Periimplantitis, Risikofaktor: Nikotinabusus Lockerung der Abutmentschraube Fraktur der Prothesenbasis Unterfütterung
Mangano[234] (Italien)	2015	62 Pat 62 Pro 231 Impl	4	12,9 % technische Komplikationen 6,0 % biologische Komplikationen
Rinke[309] (Deutschland)	2015	27 Pat 36 Steg-Pro	Ø 7,3	12,4 % Periimplantitis Lockerung/Fraktur der Abutmentschraube Retentionsverlust der Sekundärkonstruktion Fraktur des Verankerungselements (Steg) Fraktur der Prothesenbasis Verschleiß der Prothesenzähne Unterfütterung
Slot[347] (Niederlande)	2016	50 Pat 50 Steg-Pro 250 Impl	5	Pro mit 4 Impl: 41,7 % periimplantäre Gingivitis 8,3 % Periimplantitis 4,0 % Gingivahyperplasie 60,0 % Verschleiß der Prothesenzähne/ -basis Pro mit 6 Impl: 45,5 % periimplantäre Gingivitis 4,5 % Periimplantitis 48,0 % Verschleiß der Prothesenzähne/ -basis 4,0 % Unterfütterung

Ülkü[368] (Türkei)	2017	40 Pat 97 Impl-Br 62 Impl-Pro	4	55,0 % Retentionsverlust der Sekundär-konstruktion 22,5 % Lockerung/Fraktur der Abutment-schraube 17,5 % periimplantäre Gingivitis 2,5 % Periimplantitis 2,5 % Verblendungsfraktur
Passia[282] (Deutschland)	2019	11 Pat 11 Kugel-Pro 11 Impl	10	Retentionsverlust der Sekundärkonstruktion Fraktur der Prothesenbasis
Mañes Ferrer[231] (Spanien)	2020	20 Pat 20 Pro 80 Impl	Ø 11,4	65 % Retentionsverlust der Sekundärkon-struktion 20 % Fraktur des Verankerungselements (Locator) 20 % Fraktur der Prothesenbasis 15 % Unterfütterung 10 % Lockerung der Abutmentschraube 10 % Verschleiß der Prothesenzähne 6,3 % mangelhafte Osseointegration
Levartovsky[218] (Israel)	2021	21 Pat 27 Pro 210 Impl	4	11 % Weichgewebsrezession 4 % Chipping 0,6 % Verblendungsfrakturen
Chochlidakis[78] (USA)	2022	37 Pat 43 Pro	≥ 5	53 % periimplantäre Mukositis 4 % Periimplantitis 2,8 % periimplantäre Wichteilhypertrophie
Mackert[228] (USA)	2022	55 Pat 43 Pro OK 41 Pro UK	Ø 2,8	61 % Verblendungsfraktur 19 % Verschleiß der Prothesenzähne
Mo[250] (Norwegen)	2022	32 Pat 32 Pro OK 96 Impl	≥ 5	47 % orale Stomatitis 9,4 % Unterfütterung 15,6 % Fraktur der Prothesenbasis 12,5 % Verblendungsfraktur 6,3 % partielle Fraktur der Prothese 6,3 % Retentionsverlust
Heller[149] (Israel)	2023	25 Pat 19 Pro OK 14 Pro UK 245 Impl	Ø 5,7	9 % Weichgewebsrezession 6,1 % periimplantäre Mukositis 5,4 % Chipping 2,8 % Implantatverlust 1 % Verblendungsfraktur

Tang[361] (China)	2023	30 Pat 22 Pro 268 Impl	Ø 4,8	4,5 % Periimplantäre Mukositis 3,0 % Periimplantitis 45,5 % Chipping 13,6 % Retentionsverlust 4,5 % Fraktur der Prothesenbasis
Zafiropoulos[404] (Vereinigte Arabische Emirate)	2023	110 Pat 508 Impl	Ø 11,3	14 % technische Komplikationen 5,3 % Verschleiß der Prothesenzähne 1,8 % Verblendungsfraktur 7 % Friktionsverlust 29,8 % biologische Komplikationen 12,3 % periimplantäre Mukositis 10,5 % Periimplantitis

In Hinblick auf herausnehmbaren implantatgetragenen Zahnersatz und Implantate bietet Tabelle 3.4 eine Übersicht über die aus der bestehenden wissenschaftlichen Literatur hervorgehenden Überlebenszeiten.

Tabelle 3.4: Überlebenszeitanalysen zu herausnehmbaren implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, Pro = Prothese, Impl-Pro = implantatgetragene Prothese, TK = Teleskopprothese, KM = Kaplan-Meier, LT = Life-Table, Q = Quotientenbildung, k.A. = keine Angabe)

Autor	Jahr	Anzahl	Statistik	Zeitraum (Jahre)	Überlebensrate
Johns[177] (England)	1992	127 Pat 29 Pro OK 98 Pro UK 311 Impl	Q	1	86,2 % ZE OK 81,2 % Impl OK 96,9 % ZE UK 96,2 % Impl UK
Krämer[194] (Deutschland)	1992	11 Pat 11 Pro 66 Impl	Q	≤ 5	100 % ZE 94 % Impl
Jemt[168] (Schweden)	1994	6 Pat 6 Pro 32 Impl	k.A.	1	100 % ZE 100 % Impl
Hutton[163] (USA)	1995	133 Pat 120 Pro 294 Impl	Q	3	90,8 % ZE 86,4 % Impl
Jemt[172] (Schweden)	1995	150 Pat herausnehmbarer u. festsitzender ZE 801 Impl	LT	5	81,1 % herausnehmbarer ZE 71,3 % Impl herausnehmbarer ZE
Jemt[169] (Schweden)	1996	OK: 30 Pat, 30 Pro, 117 Impl UK: 103 Pat, 103 Pro, 393 Impl	LT	5	77,9 % ZE OK 72,4 % Impl OK 100 % ZE UK 94,5 % Impl UK
Ekfeldt[111] (Schweden)	1997	Gruppe 1: 12 Pat, 13 Pro, 39 Impl	Q	Ø 2,5	84,6 % ZE 87,9 % Impl
		Gruppe 2: 29 Pat, 30 Pro, 156 Impl		Ø 2,8	73,3 % ZE 79,3 % Impl
Makkonen[229] (Finnland)	1997	20 Pat 20 Pro 78 Impl	Q	5	100 % ZE 97,4 % Impl
Naert[258] (Belgien)	1997	36 Pat 36 Pro 72 Impl	Q	3	100 % ZE 100 % Impl
Behr[36] (Deutschland)	1998	97 Pat 47 herausnehmbarer u. 50 festsitzender ZE 138 ITI-Impl 50 IMZ-Impl	KM	Ø 3,5	28,8 % Komplikationen ZE ITI 97,3 % ITI-Impl 77,4 % Komplikationen ZE IMZ 100 % IMZ-Impl

Naert[259] (Belgien)	1998	13 Pat 13 Pro 53 Impl	k.A.	≤ 4	84,6 % ZE 88,6 % Impl
Watzek[384] (Österreich)	1998	20 Pat 15 Pro 5 Br 155 Impl	KM	5,8	100 % ZE 95,4 % Impl
Zitzmann[414, 415] (Schweiz)	2000	10 Pat 10 Pro 71 Impl	KM	1,5	100 % ZE 94,4 % Impl
Kiener[186] (Schweiz)	2001	41 Pat 41 Pro 173 Impl	KM	Ø 3,2	95 % ZE 95,5 % Impl
Weischer[387] (Deutschland)	2001	24 Pat 24 Pro 111 Impl	LT	9	95 % ZE 97 % Impl
Berglundh[42] (Schweden)	2002	Metaanalyse (51 Studien)	Q	5	97 %-98 % Impl fest-sitzender ZE < 95 % Impl herausnehm-barer ZE
Dudic[106] (Schweiz)	2002	119 Pat 119 Pro 258 Impl	KM	Ø 9,3	87 % ZE 96 % Impl
Fortin[122] (Schweden)	2002	45 Pat 45 Pro 245 Impl	Q	5	100 % ZE 97 % Impl
Mericske-Stern[247] (Schweiz)	2002	41 Pat 41 Pro 173 Impl	LT	5	97,6 % ZE 94,2 % Impl
Raghoebar[299] (Niederlande)	2003	10 Pat 10 Pro 68 Impl	Q	1	100 % ZE 95,6 % Impl
Attard[26] (Kanada)	2004	30 Pat 32 Pro 132 Impl	KM	15	91,4 % ZE 96,1 % Impl
Heckmann[148] (Deutschland)	2004	23 Pat 23 Pro 46 Impl	k.A.	10	100 % ZE 100 % Impl
Romeo[316] (Italien)	2004	250 Pat 340 ZE (davon 37 Pro) 759 Impl	LT	7	95,7 % Pro 95,7 % Impl
Zinsli[413] (Schweiz)	2004	149 Pat herausnehmbarer u. festsitzender ZE 298 Impl	LT	5	100 % ZE 98,7 % Impl

Schwartz-Arad[335] (Israel)	2005	62 Pat 69 Pro 285 Impl	KM	Ø 3,2	96,1 % Impl
Widbom[393] (Schweden)	2005	Gruppe 1: 13 Pat, 13 Pro Gruppe 2: 14 Pat, 14 Pro 145 Impl	LT	5	Gruppe 1: 100 % ZE 77 % Impl Gruppe 2: 64,3 % ZE 46 % Impl
Krennmair[204] (Österreich)	2006	25 Pat 25 Pro 50 Impl	k.A.	3	100 % ZE 100 % Impl
Krennmair[197] (Österreich)	2007	58 Pat 58 Pro 232 Impl	LT	Ø 4,9	100 % ZE 99 % Impl
Krennmair[198] (Österreich)	2007	22 Pat 22 TK-Pro 108 Pf (48 natürl. Pf, 60 Impl)	LT	Ø 3,2	100 % Pro 100 % Pf 100 % Impl
Weng[388] (Deutschland)	2007	14 TK-Pro	KM	Ø 2,1	48,9 % Pro
Eitner[108] (Deutschland)	2008	109 Pat 51 Steg-Pro 58 TK-Pro 328 Impl	KM	Ø 3,4	93,5 % Impl Steg-Pro 94,8 % Impl TK-Pro
Mericske-Stern[248] (Schweiz)	2009	20 Pat 20 Pro 40 Impl	k.A.	0,5	100 % ZE 100 % Impl
Visser[378] (Niederlande)	2009	39 Pat 39 ZE 252 Impl	Q	10	86,1 % Impl
Andreiotelli[18] (Deutschland)	2010	Review (18 Studien)	rein de-skrip-tiv	5-19	87 % – 100 % Pro 71 % – 100 % Impl
Friberg[124] (Schweden)	2010	111 Pat herausnehmbarer u. festsitzender ZE 390 Impl	LT	5	100 % ZE 99,1 % Standard + TiUnite Impl 98,4 % TiUnite Impl
Rentsch-Kollar[307] (Schweiz)	2010	147 Pat 147 ZE 314 Impl	Q	Ø 16,5	> 80 % ZE 96,2 % Impl
Slot[349] (Niederlande)	2010	Metaanalyse (31 Studien) 796 Pat 3116 Impl	Q	1	≥ 6 Impl: 97,4 % ZE 98,2 % Impl ≤ 4 Impl: 96,5 % ZE 96,3 % Impl
Vercruyssen[372] (Belgien)	2010	495 Pro UK	KM	20	95,5 % Pro

Bortolini[50] (Italien)	2011	32 Pat 32 Pro 64 Impl	Q	8	100 % ZE 93,8 % Impl
Koller[190] (Deutschland)	2011	Review (3 Studien)	rein de-skrip-tiv	3–10,4	95 % – 100 % TK-Pro 97 % – 100 % Impl
Krennmair[201] (Österreich)	2011	Gruppe 1: 13 Pat, 13 Kugel-Pro, 26 Impl Gruppe 2: 12 Pat, 12 TK-Pro, 24 Impl	k.A.	5	100 % ZE 100 % Impl
Krennmair[203] (Österreich)	2012	Gruppe 1: 26 Pat, 26 Steg-Pro, 104 Impl Gruppe 2: 25 Pat, 25 TK-Pro, 100 Impl	k.A.	3	100 % ZE 100 % Impl
Chen[75] (China)	2013	51 Pat 219 Impl	KM	8	93,2 % Impl
Frisch[128] (Deutschland)	2013	22 Pat 89 Impl	k.A.	Ø 14,1	77,3 % ZE 98,8 % Impl
Heschl[153] (Österreich)	2013	39 Pat 156 Impl	Q	5	100 % ZE 99,4 % Impl
Verma[373] (Schweiz)	2013	Review (17 Studien)	KM	3–10,4	100 % Pro UK 97,9 % – 100 % Impl
Zou[417] (China)	2013	30 Pat 30 Pro 120 Impl	k.A.	3	100 % Impl
Mangano[236] (Italien)	2014	30 Pat 30 Pro 120 Impl	Q	3	17,8 % technische Kompli-kationen 97,4 % Impl
Raghoebar[298] (Schweden)	2014	Metaanalyse (24 Studien)	Q	1	≥ 6 Impl OK: 99,5 % Pro 98,1 % Impl
					≤ 4 Impl OK: 96,9 % Pro 97 % Impl
Rammelsberg[300] (Deutschland)	2014	73 Pro (34 Impl-Pro, 39 Pro mit natürl. Pf + Impl) 234 Impl 107 natürl. Pf	KM	5	85 % Impl-Pro 92 % Pro mit natürl. Pf + Impl
Schwarz[337] (Deutschland)	2014	Gruppe 1: 21 Pat, 30 Pro, 129 Impl Gruppe 2: 34 Pat, 36 Pro, 102 natürl. Pf + 80 Impl	KM	2	Gruppe 1: 92,3 % Pro Gruppe 2: 93,3 % Pro
				5	Gruppe 1: 78,5 % Pro Gruppe 2: 82,9 % Pro
Bryant[60] (Kanada)	2015	95 Pat 107 Pro 360 Impl	k.A.	Ø 7,9	OK: 91,9 % Impl UK: 98,6 % Impl

Frisch[127] (Deutschland)	2015	20 Pat 20 Pro 80 Impl	Q	Ø 5,6	100 % ZE 98,8 % Impl
Frisch[126] (Deutschland)	2015	23 Pat 23 Pro 126 Pf (66 natürl. Pf, 60 Impl)	Q	Ø 6,1	100 % Pro 86,4 % Pf 98,4 % Impl
Mangano[234] (Italien)	2015	62 Pat 62 Pro 231 Impl	LT	4	96,9 % Impl
Rehmann[306] (Deutschland)	2015	236 Pat 157 festsitzender ZE 76 herausnehmbarer ZE 567 Impl	KM	3	94,8 % herausnehmbarer ZE 97,7 % Impl
Rinke[311] (Deutschland)	2015	14 Pat 14 Pro 51 Pf (27 natürl. Pf, 24 Impl)	k.A.	Ø 5,8	100 % Pro 85,2 % Pf 100 % Impl
Kappel[180] (Deutschland)	2016	46 Pat 23 Steg-Pro 23 Locator-Pro 92 Impl	KM	2	93,5 % Steg-Pro 95,7 % Locator-Pro 89,1 % Impl (Steg) 93,5 % Impl (Locator)
Kern[184] (Deutschland)	2016	Metaanalyse (54 Studien)	KM	5	89,0 %-100 % festsitzender ZE 24,8 %-100 % herausnehmbarer ZE 97,9 % Impl OK 98,9 % Impl UK
Krennmair[206] (Österreich)	2016	37 Pat 37 Pro 148 Impl	k.A.	3	100 % Pro 100 % Impl
Ma[226] (Neuseeland)	2016	39 Pat 117 Impl	KM	10	86,3 % Impl
Mo[251] (Norwegen)	2016	23 Pat 23 Pro 69 Impl	k.A.	2	100 % Impl
Slot[347] (Niederlande)	2016	46 Pat	LT	5	99,2 % Impl bei Pro mit 6 Impl 100 % Impl bei Pro mit 4 Impl 100 % ZE
Wang[381] (China)	2016	26 Pat 104 Impl	k.A.	Ø 3,8	95,2 % Impl
Boven[53] (Niederlande)	2017	50 Pat 300 Impl	k.A.	5	97 % Impl FZ-Bereich 99,3 % Impl SZ-Bereich

Rammelsberg[301] (Deutschland)	2017	630 Pat 557 Kr 594 Br 418 Pro 1569 Impl	KM	0,8-11	98,2 % Impl
Ülkü[368] (Türkei)	2017	40 Pat 97 Impl-Br 62 Impl-Pro	Q	4	100 % ZE 98,1 % Impl
Guarnieri[140] (Italien)	2018	18 Pat 36 Pro 397 Pf (233 natürl. Pf, 164 Impl)	KM	15	100 % Pro 91,8 % Pf 96,4 % Impl
Lian[220] (China)	2018	Review (17 Studien mit TK auf natürl. Pf und/oder Impl)	KM	≥ 3	93 % Pf 98,7 % Impl bei Kombi aus natürl. Pf + Impl 98,8 % Impl bei rein Impl-getragenen Pro
Tallarico[359] (Italien)	2018	194 Pat 581 Impl	KM	1	99,5 % Pro 98,8 % Impl
				5	97,4 % Pro 98,3 % Impl
Anadioti[10] (USA)	2019	44 Pat 44 Pro 171 Impl	k.A.	Ø 4,7	100 % ZE 98 % Impl
Bakker[28] (Niederlande)	2019	53 Pat 53 Pro 106 Impl	k.A.	20	92,5 % Impl
Bernard[44] (Belgien)	2019	15 Pat 15 TK-Pro OK 90 Impl	Q	2	100 % Pro 98,9 % Impl
Brandt[57] (Deutschland)	2019	111 Pat 126 Pro (19 Pro mit natürl. Pf, 30 Pro mit natürl. Pf + Impl, 77 Impl-Pro) 603 natürl. Pf + Impl	KM	3	98,9 % Pro
				5	96,9 % Pro
				7	82,5 % Pro
De Luna Gomes[93] (Brasilien)	2019	Metaanalyse (19 Studien)	k.A.	> 5	Pro: 99,5 % bei ≤ 4 Impl 89,6 % bei ≥ 5 Impl Impl: 98,7 % bei ≤ 4 Impl 96,6 % bei ≥ 5 Impl
Di Francesco[102] (Italien)	2019	Review (28 Studien)	k.A.	≥ 2	87,5 % – 100 % ZE 73,5 % – 100 % Impl
ElSyad[113] (Ägypten)	2019	17 Pat 17 Pro 68 Impl	k.A.	1	100 % Impl

Fobbe[121] (Deutschland)	2019	126 Pat 139 Pro (86 Pro mit natürl. Pf + Impl, 53 Impl-Pro) 651 Pf (239 natürl. Pf, 412 Impl)	KM	5	97,2 % Pf 96 % Impl
				10	80,4 % Pf 88,5 % Impl
Kern[183] (Deutschland)	2019	31 Pat 33 Pro (Pro mit natürl. Pf + Impl oder Impl-Pro)	KM	Ø 11,3	100 % Pro 81,8 % Pf 97,6 % Impl
Lian[221] (China)	2019	33 Pat 132 Impl	KM	Ø 6,4	81,4 % Impl Kugel-ZE 86,2 % Impl Steg-ZE
Matthys[241] (Belgien)	2019	75 Pat 75 Pro 150 Impl	k.A.	5	100 % Impl
Matthys[242] (Belgien)	2019	116 Pat 116 Pro 232 Impl	k.A.	5	98,7 % Impl
Ortensi[272] (Italien)	2019	46 Pat 46 Pro 124 Impl	Q	5	97,8 % Pro 99,2 % Impl
Passia[282] (Deutschland)	2019	11 Pat 11 Kugel-Pro 11 Impl	k.A.	10	100 % Pro 100 % Impl
Seo[341] (Korea)	2020	Review (25 Studien)	rein deskriptiv	3	94,0 %-100 % implantatgetragene TK-Pro 81,8 %-97,6 % Hybrid-TK-Pro > 98 % Implantatgetragene Resilienz-TK-Pro 85 %-100 % Hybrid-Resilienz-TK-Pro
Slot[348] (Niederlande)	2019	60 Pat	k.A.	5	mit 6 Impl: 90,9 % ZE 99,5 % Impl mit 4 Impl: 100 % ZE 100 % Impl
Bouhy[52] (Belgien)	2020	30 Pat 30 Pro OK 120 Impl	Q	1	96,6 % Pro 86,2 % Impl
Mañes Ferrer[231] (Spanien)	2020	20 Pat 20 Pro 80 Impl	KM	Ø 11,4	85,0 % Pro 76,2 % Impl
Abdoel[1] (Niederlande)	2021	295 Pat (124 Pat mit 2 Impl, 86 Pat mit 3 Impl, 85 Pat mit 4 Impl) 295 Pro UK 846 Impl	k.A.	Ø 4,3	Impl: 100 % bei 2 Impl 99,1 % bei 3 Impl 97,8 % bei 4 Impl

Levartovsky[218] (Israel)	2021	21 Pat 27 Pro 210 Impl	KM	4	100 % Pro 98,6 % Impl
Sánchez-Labrador[325] (Spanien)	2021	Metaanalyse (13 Studien)	k.A.	≥ 1	97 % Pro UK 95,9 % Impl
Van der Moolen[370] (Niederlande)	2021	108 Pat 216 Impl	k.A.	3,5	100 % Impl
Zierden[411] (Deutschland)	2021	153 Pat 40 Pro OK 113 Pro UK 754 Impl	KM	Ø 3,5	95,5 % Pro
Chochlidakis[78] (USA)	2022	37 Pat 43 Pro	k.A.	≥ 5	100 % Impl
Giralt-Hernando[132] (Spanien)	2022	47 Pat 120 Impl	k.A.	≥ 1	97,5 % Impl
Mo[250] (Norwegen)	2022	32 Pat 32 Pro OK 96 Impl	KM	≥ 5	100 % Pro 95 % Impl
Naeini[256] (Niederlande)	2022	31 Pat 132 Impl	k.A.	4,4	98 % Impl gesamt 100 % Impl mit TK-Pro 97,8 % Steg-Pro 93,3 % Locator-Pro
Zierden[412] (Deutschland)	2022	86 Pat 28 Pro PK 58 Pro UK 465 Impl	KM	Ø 4,6 für Pro Ø 5,7 für Impl	5-Jahres-ÜR: 95,8 % Pro 98,4 % Impl 10-Jahres-ÜR: 88,6 % Pro 92,8 % Impl
Bouhy[51] (Belgien)	2023	30 Pat 30 Pro OK 120 Impl	k.A.	5	85,2 % Pro 80,6 % Impl
Capparè[66] (Italien)	2023	66 Pat Gr. 1: 45 – 60 Jahre Gr. 2: > 75 Jahre 66 Pro UK 264 Impl	k.A.	7	6 % Verlustrate Pro Gr. 1: 1,5 % Verlustrate Impl Gr. 2: 0,8 % Verlustrate Impl
Heller[149] (Israel)	2023	25 Pat 19 Pro OK 14 Pro UK 245 Impl	LT	Ø 5,7	100 % Pro 97,1 % Impl
Tang[361] (China)	2023	30 Pat 44 Pro 268 Impl	k.A.	Ø 4,8	92,5 % Pro 99,3 % Impl
Zafiropoulos[404] (Vereinigte Arabische Emirate)	2023	110 Pat 508 Impl	KM	Ø 11,3	99,3 % Impl

Bezüglich der Funktionsdauer herausnehmbarer Restaurationen auf Implantaten werden in der bestehenden wissenschaftlichen Literatur 5-Jahres-Überlebensraten von 64,3 % bis 100 % angegeben. Die 10-Jahres-Überlebensraten belaufen sich auf 77,3 % bis 100 %. Die Werte für 15 Jahre liegen zwischen 80 % und 100 %. Für 20 Jahre zeigt sich in einer Studie ein Wert von 95,5 %.

Die Überlebensraten für Implantate unter herausnehmbarem Zahnersatz für fünf Jahre sowie für zehn Jahre variieren jeweils zwischen 46 % und 100 % beziehungsweise 76,2 % und 100 %. Für die 15-Jahres-Überlebensrate ergeben sich Werte von 71 % bis 100 %. In einer Studie finden sich Angaben zur Überlebenszeit nach 20 Jahren von 92,5 % für dentale Implantate unter herausnehmbaren Suprakonstruktionen.

3.3 Beeinflussende Parameter des Langzeiterfolges von implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten

In der Literatur wurden verschiedene Parameter untersucht, die einen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate und ihrer Suprakonstruktion nehmen können. Eine Vielzahl an Autoren hat die Überlebenswahrscheinlichkeiten dieser zusammen betrachtet und nicht zwischen einer singulären Suprakonstruktion und einem dentalen Implantat unterschieden. Im Folgenden kann aufgrund dessen nur teilweise eine differentielle Betrachtung in Bezug auf die analysierten Parameter stattfinden.

3.3.1 ***Patientenalter***

Mangano et al. als auch *Choi et al.* kamen in ihren Studien zu der Schlussfolgerung, dass kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) des Patientenalters auf die Überlebensrate dentaler Implantate besteht.[79, 235] Vergleichbare Ergebnisse lieferte auch die retrospektive Studie von *Capparè et al.* aus dem Jahr 2023. Diese stellte hinsichtlich der Versagensrate von Implantaten und „All-on-Four"-Unterkieferprothesen einen Vergleich zwischen jüngeren (45 bis 60 Jahre) und älteren Patienten (über 75 Jahre) auf. *Capparè et al.* kamen zu dem Ergebnis, dass weder die Implantat- noch Prothesenverlustrate in einem statistisch signifikanten Zusammenhang ($p > 0,05$) mit dem Patientenalter stehen.[66] Laut *Hingsammer et al.* nimmt das Alter der Patienten ein Jahr nach Belastung des Implantates ebenfalls keinen Einfluss auf den periimplantären Knochenabbau.[156] Untermauert werden diese Aussagen durch die von *Srinivasan et al.* durchgeführte Metaanalyse, die für Patienten im Alter von über 65 Jahren eine hohe 10-Jahres-Implantatüberlebensrate von 91,2 % ermittelte. *Srinivasan et al.* zufolge sollte das Patientenalter kein limitierender Faktor für die Implantattherapie sein, da hinsichtlich der Überlebensraten sowie des periimplantären Knochenverlustes zufriedenstellende Werte erzielt und lediglich minimale biologische beziehungsweise technische Komplikationen dokumentiert werden konnten.[352]

Bredberg et al. stellten demgegenüber einen statistisch signifikanten Zusammenhang ($p < 0,05$) zwischen Patientenalter und periimplantärem Konchenabbau fest.[59] Ein erhöhter Abbau des marginalen Knochens konnte auch in weiteren Studien, insbesondere bei älteren Patienten, beobachtet und in Verbindung mit der altersbedingten Abnahme der Knochenumbaurate[162, 343] oder beginnenden Osteoporose[238, 239] gebracht werden. *He et al.*

zeigten einen Zusammenhang zwischen geringer lokaler Knochendichte und einem Alter von mehr als 50 Jahren auf,[147] wobei *Abdul Rahim et al.* diese Grenze bereits für über 41-jährige Patienten beschreiben.[2] In der Literatur bestehen bezüglich des Einflusses des Patientenalters somit widersprüchliche Ergebnisse.[224]

3.3.2 *Geschlecht*

Mangano et al., *Zierden et al.* sowie weitere Autoren zeigten in ihren Studien hinsichtlich des Patientengeschlechts keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der untersuchten Implantate.[70, 79, 219, 235, 411] *Rehmann et al.* beschrieben in ihrer retrospektiven klinischen Studie, dass auch hinsichtlich des implantatgetragenen Zahnersatzes kein statistisch signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) zwischen männlichem und weiblichem Patientenkollektiv bestand.[306] Zudem konnte auch angesichts des periimplantären Knochenverlustes kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) des untersuchten Parameters „Geschlecht" ein Jahr nach Belastung durch eine von *Hingsammer et al.* durchgeführte Studie festgestellt werden.[156]

Antalainen et al. zeigten in ihrer Studie aus dem Jahr 2013, die zum Ziel hatte, anhand eines Registers von 1994 bis 2012 den Einfluss differentieller Patientenmerkmale und Hintergrundfaktoren auf den Verlust dentaler Implantaten zu bewerten, einen geringen, jedoch statistisch ebenso nicht signifikanten Unterschied ($p > ,05$) in der Geschlechterverteilung hinsichtlich der Implantatverlustrate (3,1 % bei Männern vs. 2,3 % bei Frauen) auf.[21]

3.3.3 *Kiefer*

Van der Moolen et al. berichteten über höhere Überlebensraten der Implantate des Unterkiefers im Vergleich zu Implantaten des Oberkiefers aufgrund der hier dickeren und dichteren Kortikalisschicht, insbesondere in der interforaminalen Region. In ihrer Studie hoben sie vor allem den Einfluss der Knochendichte und -qualität auf die Erfolgsrate der Behandlung mit Zahnimplantaten hervor.[370] *Choi et al.* beschrieben das Risiko eines Implantatverlustes in ihrer Studie für den Oberkiefer um 2,3-fach höher als für den Unterkiefer,[79] während *Kern et al.* von signifikant höheren Implantatverlustraten pro 100 Implantatjahre von 0,42 im Oberkiefer und 0,23 im Unterkiefer berichten

($p < 0,05$)[184]. Unterdessen betonten *Antalainen et al.* in ihrer Studie, dass der statistisch signifikante Unterschied von lediglich 0,3 % hinsichtlich der aufgezeichneten Implantatverlustraten zwischen Ober- und Unterkiefer nicht zu stark gewichtet werden sollte.[21] Demgegenüber kamen mehrere Autoren zu dem Schluss, dass kein Unterschied bezüglich der Überlebensraten der Implantate in Ober- und Unterkiefer besteht.[19, 67, 70, 100, 412]

Abdul Rahim et al. untersuchten in ihrer Studie aus dem Jahr 2023 den marginalen Knochenverlust im Ober- beziehungsweise Unterkiefer nach Implantatinsertion unter Berücksichtigung unterschiedlicher Altersklassen der Patienten. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass ältere gegenüber jüngeren Patienten im Oberkiefer einen höheren marginalen Knochenverlust zu verzeichnen haben, während dieser altersabhängige Unterschied im Unterkiefer nicht registriert wurde.[2] Wie bereits von *Van der Moolen et al.* beschrieben, begründeten auch *Abdul Rahim et al.* den höheren altersbedingten Knochenverlust des Oberkiefers mit der Tatsache, dass dieser vorranging aus „poröserem" trabekulären, der Unterkiefer hingegen insbesondere aus „festerem" kortikalen Knochen besteht.[2]

In Anbetracht der Suprakonstruktionen auf Implantaten dokumentierten *Rehmann et al.* in ihrer retrospektiven klinischen Studie statistisch signifikant höhere Überlebensraten ($p < 0,05$) für implantatgetragenen Zahnersatz des Unterkiefers ($62,7 \pm 1,9$ Monate) verglichen mit dem des Oberkiefers ($53,2 \pm 2,6$ Monate). Die Studie umfasste 157 festsitzende implantatgetragene Suprakonstruktionen, wovon 80 im Oberkiefer und 77 im Unterkiefer lokalisiert waren, sowie 76 herausnehmbare implantatgetragene Suprakonstruktionen, wovon sich 17 im Oberkiefer und 59 im Unterkiefer befanden. Die kumulativen 3-Jahres-Überlebensraten betrugen 91,7 % für Suprakonstruktionen des Unterkiefers und 88,5 % für diejenigen des Oberkiefers.[306] Indessen zeigten *Zierden et al.* in ihren retrospektiven klinischen Studien aus den Jahren 2021 und 2022 keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p > 0,05$) zwischen implantatgetragenem herausnehmbarem sowie festsitzendem Zahnersatz des Ober- beziehungsweise Unterkiefers auf.[411, 412]

3.3.4 *Lokalisation innerhalb des Kiefers*

Di Francesco et al. konnten in ihrer Studie keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Implantatlokalisation im Prämolaren- beziehungsweise Molaren-Bereich feststellen.[101] Korrespondierende Ergebnisse lieferten *Mangano et al*. im Rahmen ihrer Untersuchungen.[235] *Choi et al.* hingegen beschrieben in ihrer retrospektiven Kohortenstudie, die sowohl Einzelzahnimplantate als auch verblockte Implantate einschloss, einen statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) der variablen anatomischen Implantatposition auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate. Der am häufigsten registrierte Implantatverlust war hierbei im Frontzahn-Bereich des Oberkiefers zu verzeichnen. Der zweithäufigste Verlust zeichnete sich im Bereich der Oberkiefermolaren ab, wobei der geringste Verlust in Regio der Unterkiefermolaren auftrat.[79] In diesem Zusammenhang zeigten sich Parallelen zu den von *Misch*, *Lekholm* und *Zarb* klassifizierten Knochendichten, die in aufsteigender Reihenfolge wie folgt beschrieben wurden: Oberkiefer posterior, Oberkiefer anterior, Unterkiefer posterior und Unterkiefer anterior.[79] Die von *Carr et al.* durchgeführte Studie wies auf höhere Verlustraten der Implantate im posterioren Kieferbereich gegenüber des anterioren Kieferabschnittes hin. Insbesondere traten in der genannten Studie die erhöhte Anzahl an Spätschäden im posterioren Oberkiefer im Vergleich zu allen anderen oralen Lokalisationen hervor.[67] *Antalainen et al.* wiederum zeichneten geringfügig höhere Explantationszahlen im Bereich der Schneide- und Eckzähne entgegen des Prämolaren-Bereiches auf.[21] Vergleichbare Ergebnisse lieferten auch *Levin et al.*, wobei sie die höchste Implantatüberlebensraten im Bereich der Prämolaren, gefolgt vom Oberkiefer Molaren-Bereich, angaben.[219]

Hinsichtlich des marginalen Knochenverlustes verzeichneten *Abdul Rahim et al.* in ihrer Studie aus dem Jahr 2023 größere periimplantäre marginale Knochenverluste in der Prämolaren-Region gegenüber der Molaren-Region. Hierbei äußerten sie jedoch, dass die Daten der aktuellen wissenschaftlichen Literatur vielmehr auf gegenteilige Ergebnisse hindeuten würden.[2] So dokumentierten *D'amico et al.* höhere Kaukräfte in den posterioren Regionen der Mundhöhle,[89] während *Shinogaya et al*. das Zentrum der größten okklusalen Belastung im distalen Bereich des ersten oberen Molaren identifizierten.[342]

Bezüglich des implantatgetragenen Zahnersatzes dokumentierten *Pjetursson et al.* in ihrer 49 Studien umfassenden Metaanalyse für die Positionierung des Implantates im anterioren beziehungsweise posterioren Bereich keinen Einfluss auf dessen Überlebens- und Komplikationsraten.[287]

3.3.5 *Gegenkieferbezahnung*

Sowohl *Choi et al.* als auch *Cha et al.* konnten im Rahmen ihrer Studien keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Gegenkieferbezahnung hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate sowie des Auftretens von Komplikationen feststellen.[70, 79] In einer von *Park et al*. durchgeführten Untersuchung wurden die Überlebensraten von natürlichen Zähnen (natürlicher Zahn, Goldkrone oder verblendete NEM-Krone) und die Relevanz der Gegenkieferbezahnung (natürlicher Zahn, Goldkrone, verblendete NEM-Krone oder implantatgetragener Zahnersatz) eruiert. Hierbei wurde dokumentiert, dass Molaren, die über implantatgetragenen Zahnersatz im okkludierenden Kiefer verfügten, signifikant kürzere mediane Überlebenszeiten sowie größere Verlustraten des röntgenologischen Knochenniveaus aufwiesen, als Molaren, die einen natürlichen Antagonisten besaßen ($p < 0,05$).[281]

In Anbetracht der implantatgetragenen Suprakonstruktionen konnten *Zierden et al.* in ihrer retrospektiven klinischen Studie statistisch signifikant niedrigere Überlebensraten ($p < 0,05$) sowie ein erhöhtes Risiko für Wiederherstellungsmaßnahmen für festsitzenden und herausnehmbaren implantatgetragenen Zahnersatz aufzeigen, der im okkludierenden Gegenkiefer ebenfalls implantatgetragene Restaurationen besaß. In diesem Zusammenhang ergaben sich für implantatgetragenen Zahnersatz kumulative 5-Jahres-Überlebensraten von 96,1 % bei Patienten mit natürlichen antagonistischen Zähnen, 86,6 % bei Patienten mit Kronen und Brücken im Gegenkiefer und 75,2 % bei Patienten, die im okkludierenden Kiefer ebenfalls mit Implantaten versorgt waren.[411] Widersprüchliche Ergebnisse lieferten *Rehmann et al.* und *Anitua et al.*, die innerhalb ihrer durchgeführten Untersuchungen keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Versorgung des antagonistischen Kiefers auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der implantatgetragenen Suprakonstruktionen registrieren konnten.[19, 306]

3.3.6 *Implantatanzahl*

Nach der Konsensuskonferenz Implantologie von 2014 lautet die Empfehlung zur Verankerung herausnehmbaren implantatgetragenen Zahnersatzes im zahnlosen Oberkiefer eine Insertion von mindestens sechs und im zahnlosen Unterkiefer von mindestens vier Implantaten durchzuführen. Für festsitzenden implantatgetragenen Zahnersatz wird im zahnlosen Oberkiefer die Insertion von mindestens acht und im zahnlosen Unterkiefer

von mindestens sechs Implantaten als optimale Behandlungsoption deklariert.[61] Auch frühere Übersichtsarbeiten gaben für eine festsitzende Rehabilitation zahnloser Patienten eine optimale Implantatanzahl von vier bis sechs Implantaten im Unterkiefer an. Diese Behandlungsoption ist bereits gut dokumentiert und verspricht laut vorliegender Literatur hohe Implantatüberlebensraten.[154] In diesem Zusammenhang kamen *Kern et al*. in ihrer Studie zu dem Ergebnis, dass weniger Implantate sowohl bei festsitzendem (4 vs. ≥ 5 Implantate) als auch herausnehmbarem Zahnersatz (1 vs. 2; 2 vs. 4 Implantate) stets in einer signifikant höheren Implantatverlustrate resultieren ($p < 0,05$).[184] Diese Annahme steht im Einklang mit weiteren Literaturquellen.[57, 240, 397]

Lima et al. untersuchten in einer Metaanalyse, die 21 veröffentlichte Studien umfasst, die möglichen Auswirkungen der Implantatanzahl auf die Überlebensrate von Implantaten und implantatgetragenen Unterkieferprothesen bei zahnlosen Patienten. Hierbei wiesen Prothesen auf drei beziehungsweise vier Implantaten eine Überlebensrate von 90 % beziehungsweise 95 % auf. Demgegenüber zeigte sich für Prothesen auf fünf Implantaten mit 74 % die geringste Rate.[222] Hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate wurden für Patienten mit drei Implantaten zufriedenstellende Werte ermittelt. Daneben konnten *Lima et al.* auch einen Einfluss der Implantatanzahl hinsichtlich des Knochenverlustes feststellen. Patienten mit drei beziehungsweise fünf Implantaten hatten die geringsten Knochenverluste im ersten Jahr zu verzeichnen und unterschieden sich signifikant von denjenigen Patienten, die über vier Implantate verfügten.[222] Eine vorliegende systematische Übersichtsarbeit von *de Luna Gomes et al.* dokumentierte hingegen keinen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Implantate, die zur Abstützung einer rein implantatgetragenen Prothese verwendet wurden, und der Überlebensrate der Prothese als auch der Implantate.[93] Somit ist die Rehabilitation eines zahnlosen Unterkiefers auch mit weniger als vier Implantaten (drei Implantate) als potenziell valide Behandlungsoption anzusehen.[325] Ebenso hat die Implantatanzahl laut *de Luna Gomes et al*. keinen Einfluss auf auftretende Komplikationen oder den peri-implantären marginalen Knochenabbau.[93] *Daudt Polido et al.* und *Moraschini et al.* beschrieben ähnliche Ergebnisse.[91, 254]

Mehrere Autoren kamen zu dem Schluss, dass diverse Faktoren, wie zum Beispiel die persönlichen Wünsche des Patienten, dessen individuellen Umstände, die anatomischen Gegebenheiten sowie das Wissen und die Erfahrung des Zahnarztes, einen Einfluss auf die Behandlungsplanung und die Wahl der Implantatanzahl nehmen.[155, 184, 245, 325]

3.3.7 *Verblockung*

In einer von *Choi et al.* durchgeführten Studie konnte aufgezeigt werden, dass unverblockte nebeneinanderstehende Einzelzahnimplantate hinsichtlich der Implantatüberlebensrate mehr Verluste zu verzeichnen haben als verblockte Implantatkonstruktionen. Demnach gingen von insgesamt 1151 untersuchten Implantaten 49 unverblockte Einzelzahnimplantate (11,8 %) und sechs verblockte Implantatkonstruktionen (0,8 %) verloren. Die höhere Verlustrate dentaler Einzelzahnimplantate begründeten *Choi et al.* mit der größeren funktionellen Beanspruchung dieser sowie den höheren Kompensations- und Zugkräften zwischen Knochen und Implantat.[79] Die Verblockung der Suprakonstruktion soll dazu beitragen, die auftretenden Spannungen bei funktionellen Krafteinwirkungen gleichmäßig und effektiv auf zwei oder mehr Implantate zu verteilen und den marginalen Knochenabbau somit zu reduzieren.[267, 376] Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in zahlreichen anderen Studien wider.[9, 40, 141, 383, 402, 403] *Guichet et al.* konnten in ihrer Studie ebenfalls bessere Werte für die Lastverteilung sowie niedrigere Spannungswerte in der umgebenden alveolären Knochenstruktur bei verblockten Restaurationen gegenüber nicht verblockten Suprakonstruktionen registrieren. In der von *Guichet et al.* durchgeführten Untersuchung konnte aufgezeigt werden, dass die auftretenden Spannungen nicht verblockter nebeneinanderstehender Implantate in Abhängigkeit zu der Stärke des Approximalkontaktes stehen. Bei offenen beziehungsweise durchgängigen Kontakten wurden keine Spannungen registriert. Wurden die interproximalen Kontakte auf einen „idealen Kontakt“ eingestellt, zeigten sich geringe koronale Spannungen. Durch das Einbringen einer 10µm-Folie stiegen diese an. Mit einer 50µm-Folie konnten zusätzlich Spannungen entlang der Implantatgewinde notiert werden, die sich durch das Einbringen einer 90µm-Folie zunehmend verstärkten.[141] Des Weiteren beschrieben *Guichet et al.*, dass sich der Effekt der Lastverteilung bei mehr als drei verblockten Suprakonstruktionen am deutlichsten am mittleren Implantat zeigt.[141] *Huang et al.* kamen zu ähnlichen Ergebnissen, ergänzten jedoch, dass der Vorteil der sogenannten Lastverteilung lediglich im Bereich der Prämolaren und Molaren zur Verringerung der Knochenbelastung um 25 % beiträgt.[160]

Hinsichtlich prothetischer Komplikationen konnte die Studie von *Clelland et al.* ein häufigeres Auftreten von Schraubenlockerungen bei unverblockten Einzelzahnimplantaten aufzeigen.[82] *De Souza Batista et al.* hingegen verzeichneten keine Unterschiede bezüglich der Komplikationsrate und des marginalen Knochenverlustes zwischen

verblockten und unverblockten Implantaten. Sie beschränken den Vorteil der Verblockung leidlich auf eine verminderte Implantatverlustrate.[95]

Andere Autoren wiederum beschrieben keine signifikante Verbesserung der Überlebensraten und der periimplantären Gesundheit durch das Verblocken der Suprakonstruktionen auf Implantaten.[32, 103, 356, 357]

3.3.8 *Tumorerkrankung*

In Hinblick auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate konnten *Zierden et al.* statistisch signifikant geringere Werte ($p < 0,05$) für Patienten mit vorangegangenen Tumoren des Kopf-Hals-Bereiches (11,55 ± 0,55 Jahre) gegenüber gesunden Patienten (16,1 ± 0,18 Jahre) erfassen.[412] Die Studien von *Huang et al.*, *Fierz et al.* und *Nelson et al.* ergaben kongruierende Ergebnisse.[119, 161, 265] *Salinas et al.* betrachteten im Rahmen ihrer Studie die Erfolgsraten dentaler Implantate bei erkrankten Patienten mit Kopf-Hals-Tumoren, die eine chirurgische Rekonstruktion des Unterkiefers mittels Fibulatransplantat erhielten, gegenüber tumorerkrankten Patienten ohne Unterkieferrekonstruktion. Innerhalb ihrer Untersuchung konnten sowohl für rekonstruierte als auch für natürliche Unterkiefer hohe Erfolgsraten von 82,4 % und 88 % ermittelt und somit keine statistisch signifikante Relevanz ($p > 0,05$) aufgezeigt werden.[323] Vergleichbare Ergebnisse lieferten *Garrett et al.* und *Kramer et al.* sowie weitere Autoren.[76, 130, 195, 264, 319, 340] Darüber hinaus zeigten *Pompa et al.* innerhalb ihrer Studie einen statistisch höchst signifikanten Zusammenhang ($p < 0,001$) zwischen Überleben dentaler Implantate und einer postoperativen Strahlentherapie.[293] Dies kann, wie bereits in mehreren Studien dokumentiert, mit hoher Wahrscheinlichkeit mit der geringeren Perfusion des Gewebes und der damit einhergehenden verminderten Knochenqualität nach adjuvanter Strahlentherapie begründet werden.[104, 192] Daraus folgt unter anderem eine erschwerte Osseointegration der Implantate sowie ein erhöhtes Risiko für das Krankheitsbild einer Periimplantitis.[104, 161, 193, 366, 396] Viele Autoren benennen daher eine Grenzdosis von weniger als 50 Gy, um die negativen Effekte der ionisierenden Strahlung zu minimieren.[138, 334, 401] *Nelson et al.* begründeten die geringeren Überlebensraten dentaler Implantate bei Patienten mit Tumorerkrankungen des Kopf-Hals-Bereiches auch mit der erhöhten Mortalitätsrate dieser Patientengruppe.[265] Laut *Huang et al.* und *Wolf et al.* wird die Überlebensrate der Implantate auch durch die zur Transplantation verwendeten

Knochenart beeinflusst.[161, 396] Hierbei wird die Verwendung von vorzugsweise Fibula- und Beckenkammtransplantaten zur Rekonstruktion des Kiefers genannt.[161]

Angesichts der implantatgetragenen Suprakonstruktionen beobachteten *Zierden et al.* in ihrer retrospektiven Studie keinen statistisch signifikanten Zusammenhang ($p > 0,05$) zwischen den Überlebensraten der implantatgetragenen Restaurationen in Form von festsitzendem beziehungsweise herausnehmbarem Zahnersatz und dem beeinflussenden Parameter „Tumorerkrankung".[411, 412] Demgegenüber berichteten *Nelson et al.* über niedrigere Überlebensraten für implantatgetragene Prothesen bei Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung.[265]

In der von *Heo et al.* durchgeführten Studie wurden die Unterschiede hinsichtlich der Spannungs- beziehungsweise Lastverteilung verschiedener Prothesendesigns (verblockte vs. unverblockte Suprakonstruktionen) bei kompromittierten Patienten mit rekonstruierter Mandibula mittels Fibulatransplantat gemessen. Hierbei zeigte sich für den natürlichen Unterkiefer eine gleichmäßigere Spannungsverteilung als für rekonstruierte Kiefer. Innerhalb des rekonstruierten Unterkiefers konnte in Anbetracht der Verblockung der Suprakonstruktion indessen eine günstigere Verteilung der auftretenden Spannungen und somit weniger potentielle Risiken bei verblockten gegenüber unverblockten Restaurationen dokumentiert werden. Infolgedessen wurde die Empfehlung zur Verblockung implantatgetragener Suprakonstruktionen für Patienten mit rekonstruierter Mandibula ausgesprochen.[152]

4 Material und Methode

4.1 Rahmenbedingungen

Die vorliegende retrospektive Longitudinalstudie erfasste in dem Beobachtungszeitraum von 2003 bis 2023 alle Implantate, die im Behandlungsverlauf mit einer implantatgetragenen Suprakonstruktion in der Abteilung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK) der Justus-Liebig-Universität Gießen versorgt wurden. Es wurde eine Untersuchung der Überlebenszeit dentaler Implantate einerseits und ihrer jeweiligen Suprakonstruktionen andererseits durchgeführt.

Insgesamt konnte ein Patientenkollektiv von 469 Patienten (245 weibliche, 224 männliche) mit 1665 für die Überlebenszeitanalyse geeigneten Suprakonstruktionen auf 1627 Implantaten, die durch approbierte Zahnärzte aus der Abteilung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK) der Justus-Liebig-Universität Gießen versorgt wurden, mit in die Studie einbezogen werden. Hierbei wurde jede Suprakonstruktion beziehungsweise jedes Implantat als eigener Fall betrachtet, sodass einzelne Patienten zugleich mehrfach in die Datenerhebung miteinbezogen wurden. Dies wurde relevant, wenn ein Patient mehrere Implantate mitsamt Suprakonstruktion besaß, eine Neuversorgung nach Funktionsverlust oder Explantation vonnöten wurde oder sich eine prothetische Umplanung als erforderlich erwies.

156 der ursprünglich 1821 gezählten Suprakonstruktionen wurden aufgrund zuvor festgelegter Ausschlusskriterien nicht in die Studie miteinbezogen. Zu diesen zählten sowohl hybridverankerte Teleskopprothesen als auch Hybrid-Brücken, Stegversorgungen, Locatorprothesen sowie nicht versorgte Implantate. Da in der vorliegenden Studie insbesondere die Analyse der Verblockungsart der Suprakonstruktionen Beachtung fand, wurden alio loco eingegliederte Suprakonstruktionen ebenfalls aus der Studie ausgeschlossen. Somit ergab sich eine Gesamtpopulation von 1665 für die Überlebenszeitanalyse geeigneten Suprakonstruktionen bei 469 Patienten (siehe Abbildung 4.1). Demgegenüber wurden die Implantate, bei denen die Implantation alio loco stattfand, miteinbezogen. Hierbei erfolgte die chirurgische Insertion der 1627 untersuchten Implantate analog zum Großteil durch die Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitätsklinik am Standort Gießen. Ein geringer Anteil an

Implantationen (39 Fälle) wurde durch externe Praxen, unter anderem Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie am Theater Gießen und Dr. Haßfurther & Kollegen – Zahnimplantat Zentrum & Kieferchirurgie Gießen, durchgeführt. Ein Patientenfall zeigte eine Implantation in einer unbekannten Praxis im Ausland. Zur besseren Übersichtlichkeit werden die Implantathersteller in der folgenden Tabelle 4.1 aufgeführt.

Tabelle 4.1: Dokumentierte Implantathersteller

Implantathersteller	**Häufigkeit**
BEGO	1111
Dentsply Sirona	489
Neoss	13
Straumann	10
IMZ	3
SIC invent	1
Gesamt	***1627***

Die notwendigen Behandlungsmaßnahmen zur definitiven Eingliederung der 1665 Suprakonstruktionen wurden für ein einheitliches Untersuchungskonvolut durch approbierte Zahnärzte aus der Abteilung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK) der Justus-Liebig-Universität Gießen vorgenommen. Zugleich fand die Anfertigung der Suprakonstruktionen nach standardisierten Prozessen in qualifizierten zahntechnischen Laboren statt. Das Recallprogramm, in das die versorgten Patienten nach Behandlungsabschluss und schriftlicher Einwilligung aufgenommen wurden, bot die Möglichkeit einer patientenindividuellen Nachsorge und bildete darüber hinaus die Grundlage für eine gut dokumentierte Datenerfassung.

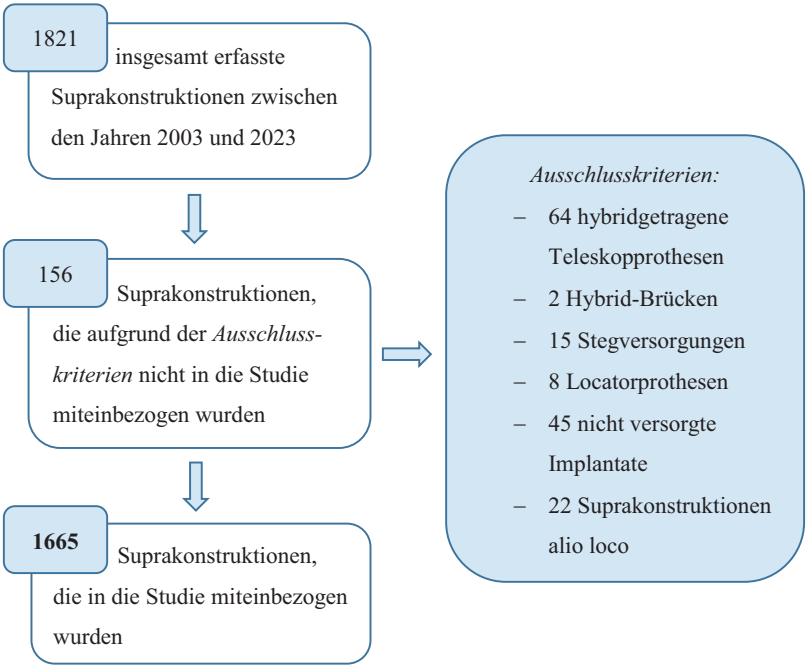

Abbildung 4.1: Vorgehensweise für die Festlegung der Studienpopulation mit Implantaten und Suprakonstruktionen

4.2 Datenerhebung

Zur Entnahme aller für die Überlebenszeitanalyse relevanten Patientendaten fungierte im Speziellen die Multizentrische Dokumentation (MZD). Das seit 2004 in Benutzung befindliche und hausintern entwickelte EDV-gestützte Programm dient insbesondere der Dokumentation sowie der Patientenverwaltung in zahnärztlichen Universitätskliniken. Es impliziert entsprechend ausführliche Verlaufs- und Befunddokumentationen, Heil- und Kostenpläne, Laboraufträge an das entsprechende zahntechnische Labor, Röntgenbilder und intraorale Fotos zur Dokumentation des Behandlungsverlaufes. Das positive Votum (Aktenzeichen 164/11) der Ethikkommission des Fachbereiches Medizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen legitimierte die Verwendung der Patientendaten. Nachfolgende Tabelle 4.2 listet alle für die Überlebenszeitanalyse signifikanten Patientendaten des MZD-Programmes auf.

Tabelle 4.2: Ausgewertete Patientendaten des MZD-Programmes

Variable	**Beschreibung der Variable**
Geburtsdatum	Erhebung des Geburtsdatums (TT.MM.JJJJ)
Geschlecht	Erhebung des Patientengeschlechtes (weiblich/männlich/divers)
Datum der Eingliederung bzw. Implantation	Erhebung des Datums der definitiven Eingliederung der Suprakonstruktion bzw. Implantation (TT.MM.JJJJ) = Beginn des Beobachtungszeitraumes
Datum des Funktionsverlustes bzw. Explantation	Erhebung des Datums des vollständigen Funktionsverlustes bzw. der Explantation (TT.MM.JJJJ) = Ende des Beobachtungszeitraumes
Gründe des Funktionsverlustes bzw. Explantation	Erhebung der Gründe für funktionsuntüchtig gewordene Suprakonstruktionen bzw. explantationsnotwendige Implantate
Datum des letzten Besuches	Erhebung des Datums der letzten Patientenvorstellung (TT.MM.JJJJ) = Ende des Beobachtungszeitraumes, wenn kein(e) Funktionsverlust/Explantation eingetreten ist
Kiefer	Erhebung der Lokalisation des Implantates mitsamt Suprakonstruktion (Oberkiefer/Unterkiefer)
Lokalisation innerhalb des Kiefers	Erhebung der Lokalisation des Implantates mitsamt Suprakonstruktion innerhalb eines Kiefers: – Frontzahn-Bereich – Eckzahn-Bereich – Prämolaren-Bereich – Molaren-Bereich

Gegenkiefer	Erhebung der Bezahnung bzw. Versorgungsart des Gegenkiefers: – Festsitzend/natürlich bezahnt – Implantatgetragener Zahnersatz – Kombi-/Hybrid-Zahnersatz – Herausnehmbarer Zahnersatz
Implantatanzahl	Erhebung der Anzahl von Implantaten, die sich zum Untersuchungszeitpunkt im Kiefer befanden
Verblockung	Erhebung der Verblockungsart der Suprakonstruktion: – Nicht verblockt/Einzelzahnimplantat – Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft – Primäre Verblockung/Kronenblock – Primäre Verblockung/Brücke – Sekundäre Verblockung/Teleskopversorgung
Tumorerkrankung	Erhebung des Vorliegens einer möglichen Tumorerkrankung: – Patient ohne Tumorerkrankung – Patient mit Tumorerkrankung aber ohne Rekonstruktion – Patient mit Tumorerkrankung und mit Rekonstruktion
Bemerkungen	Erhebung weiterer Besonderheiten (z.B. Suprakonstruktion alio loco, hybridverankerte Teleskopprothese, Locator-Prothese, Stegkonstruktion, nicht versorgte Implantate)

4.3 Statistische Verfahren

Die kategorische Erfassung der Patientendaten wurde mit Microsoft Excel (Microsoft Office 16, Microsoft Corp.; Redmond, WA; USA) in zwei Tabellen, gesondert für die untersuchten Kategorien „Suprakonstruktionen“ und „Implantate“, durchgeführt. Zur Analyse der erhobenen Daten diente die Software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences für Windows, Version 26.0.0.1, IBM Armonk; NY, USA). Eine professionelle statistische Beratung wurde durch die Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Johannes Herrmann (Gießen) realisiert.

Die vorliegende Studie bediente sich der Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier. Anhand der Kaplan-Meier-Kurve ließen sich sowohl die 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensraten der Suprakonstruktionen als auch der dentalen Implantate graphisch darstellen.[410] Folgerichtig konnte die Wahrscheinlichkeit, dass ein zuvor festgelegtes Ereignis innerhalb eines definierten zeitlichen Intervalls nicht eintritt, abgeschätzt werden. Als Zielereignis wurde der vollständige Funktionsverlust der Suprakonstruktionen beziehungsweise das Vorkommnis einer Explantation eines Implantates unter Berücksichtigung der jeweiligen Ursachen deklariert. Eine Zensierung des Beobachtungsintervalls wurde gewählt, wenn es während des gesamten Beobachtungszeitraumes nicht zu einem Auftreten eines Zielereignisses kam und sich die Suprakonstruktionen beziehungsweise Implantate demnach zum Zeitpunkt des zuletzt dokumentierten Besuches noch in situ befanden.

Überdies wurden weitere statistische Testverfahren, darunter der Log-Rank-, Breslow- und Tarone-Ware-Test, für die Analyse empirischer Daten und zum Vergleich statistischer Signifikanzen differentieller Faktoren angewandt.[409] Das Standardverfahren zur Analyse der Überlebenszeiten innerhalb einfacher Gruppenvergleiche bildet der Log-Rank-Test. Dieser sieht das Risiko innerhalb eines definierten Zeitintervalls als konstant an und gewichtet dementsprechend alle Ereignisse gleich. Demgegenüber messen der Breslow- als auch Tarone-Ware-Test die frühen Ergebnisse stärker. Hierbei ist die Gewichtung innerhalb des Tarone-Ware-Testes im Vergleich weniger stark ausgeprägt ist. Er bildet somit einen Mittelweg zwischen den anderen beiden Testverfahren.[409]

Zur Untersuchung der Überlebenszeit angesichts des simultanen Einflusses differentieller Faktoren auf eine Zielvariable bot sich die multifaktorielle Analyse mittels Cox-Regression an.[408]

Ein weiteres angewandtes statistisches Verfahren zur Erfassung des kumulierten Verlustrisikos zu einem konkreten Zeitpunkt stellte der Gebrauch der Hazard-Funktion dar. Diese diente der Ermittlung der Wahrscheinlichkeit pro Zeiteinheit, ob eines der definierten Zielereignisse „Funktionsverlust“ beziehungsweise „Explantation“ innerhalb eines definierten zeitlichen Rahmens eintritt.[408]

Kapitel 5 bedient sich der graphischen Darstellung der Kaplan-Meier-Kurve sowie der kumulativen Hazard-Funktion. Zur Festlegung der statistisch signifikanten Unterschiede der zuvor genannten untersuchten Parameter wurde das Signifikanzniveau für $p < 0,05$ festgelegt. Ein statistisch höchst signifikanter Einfluss wurde für $p < 0,001$ definiert.[38]

5 Ergebnisse

5.1 Klinische Bewährung von implantatgetragenen Suprakonstruktionen

Während des Beobachtungszeitraumes von 2003 bis 2023 wurden im Rahmen der vorliegenden Studie Implantate mitsamt Suprakonstruktion retrospektiv untersucht. Insgesamt konnten 1665 Suprakonstruktionen bei 469 Patienten dokumentiert und demgemäß ausgewertet werden. Die mittlere Beobachtungsdauer lag in Bezug auf die Suprakonstruktionen bei 4,32 ± 4,14 Jahren. Der längste dokumentierte Zeitraum umfasste 17,33 Jahre, wobei das mittlere Patientenalter bei Eingliederung der Suprakonstruktion 52,26 ± 15,92 (Minimum 15,5 und Maximum 86,0) Jahre betrug.

5.1.1 *Gesamtbetrachtung*

Innerhalb der Gesamtheit von 1665 beobachteten Suprakonstruktionen konnten 120 Funktionsverluste erfasst werden. Erstmalig wurde eine Suprakonstruktion nach 14 Tagen (= 0,46 Monate) funktionsuntüchtig. Ein Überblick über die Gründe für den Funktionsverlust und die Anzahl der jeweils betroffenen Suprakonstruktionen lässt sich aus Tabelle 5.1 entnehmen. Da das Ereignis der Explantation grundsätzlich auch den Funktionsverlust der jeweiligen Suprakonstruktion herbeiführt, stellt dies den überwiegenden Grund für funktionsuntüchtig gewordene Suprakonstruktionen dar.

Tabelle 5.1: Gründe für einen Funktionsverlust der Suprakonstruktionen, n = 1665

Grund	**Häufigkeit**	**Prozent (%)**
Explantation	82	68,3
Lockerung/Fraktur der Abutmentschraube	4	3,3
Implantatfraktur	2	1,7
Verblendungsfraktur	7	5,8
Retentionsverlust	13	10,8
Prothetische Neu-oder Umplanung	6	5
Sonstige	6	5
Gesamt	***120***	***7,2***

Die mittlere Überlebenszeit aller untersuchten Suprakonstruktionen bis zum Funktionsverlust betrug 14,64 ± 0,24 Jahre (95 %-Konfidenzintervall: 14,16 - 15,12 Jahre). Der Median konnte nicht erfasst werden, da die 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit zu keinem Zeitpunkt unterschritten wurde und wird demnach im Folgenden nicht weiter beleuchtet. Lediglich in Hinblick auf das untersuchte Kriterium „Verblockung“ war eine Ermittlung des Medians möglich.

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate der Gesamtheit aller Suprakonstruktionen belief sich auf 93,1 %. Nach zehn Jahren wurde eine Überlebensrate von 84,3 % festgestellt. Die 15-Jahres-Überlebensrate betrug 67,6 %.

Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit konnte nach 6,04 Jahren registriert werden. Die nachfolgenden Abbildungen veranschaulichen einerseits die Überlebensfunktion der Suprakonstruktionen (Abbildung 5.1), andererseits das kumulierte Verlustrisiko (Abbildung 5.2). Das Zielereignis war hierbei der Funktionsverlust der untersuchten Suprakonstruktionen auf Implantaten.

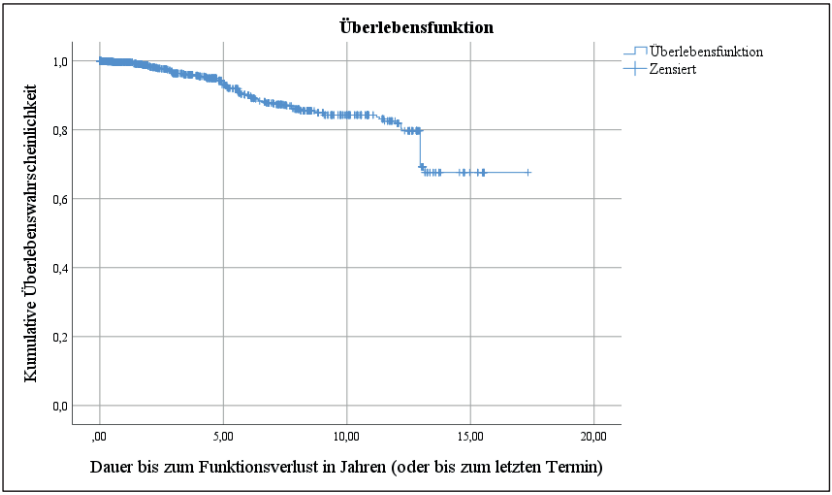

Abbildung 5.1: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Suprakonstruktionen (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

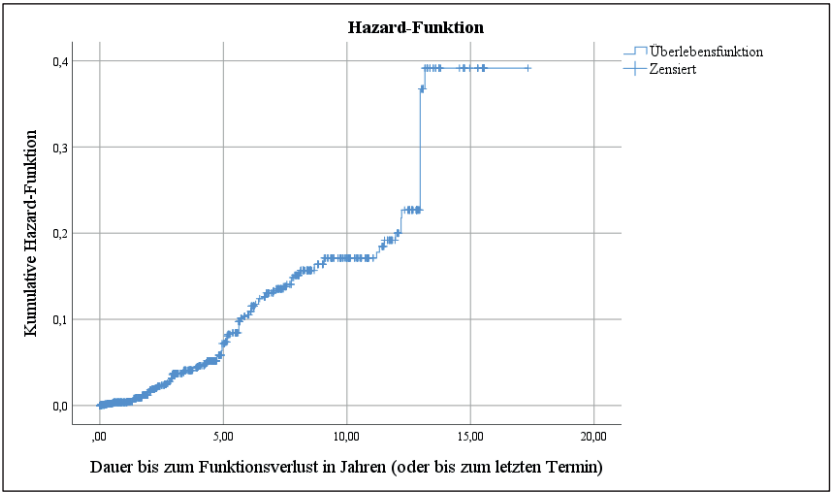

Abbildung 5.2: Kumulative Hazard-Funktion der Suprakonstruktionen (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.1.2 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters*

Das Alter der Patienten hatte einen statistisch höchst signifikanten Einfluss ($p < 0{,}001$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen. Mit steigendem Patientenalter bei Eingliederung der Konstruktionen sank das Funktionsverlustrisiko um 2,4 % pro Jahr (siehe Tabelle 5.2).

Tabelle 5.2: Cox-Regression der Suprakonstruktionen für das Patientenalter (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Variable	Koeffizient	SE	Signifikanz (p-Wert)	Hazard Ratio	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Patientenalter	-0,024	0,006	0,000	0,976	0,964	0,988

5.1.3 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes*

Bei der Analyse des Einflusses des Patientengeschlechts auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen zeigte sich innerhalb des Breslow- sowie Tarone-Ware-Testes kein statistisch signifikanter Unterschied ($p > 0{,}05$). Indessen konnte ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0{,}05$) der Überlebenswahrscheinlichkeit von Suprakonstruktionen zwischen männlichen und weiblichen Patienten mithilfe des Log-Rank-Testes nachgewiesen werden. Eine graphische Veranschaulichung der Überlebensfunktion bietet im Nachfolgenden die in Abbildung 5.3 dargestellte Kaplan-Meier-Kurve. Weiterhin ist das kumulierte Verlustrisiko der Suprakonstruktionen, separiert für Männer und Frauen, in Abbildung 5.4 aufgeführt.

Unter der Gesamtheit von 1665 untersuchten Suprakonstruktionen auf Implantaten konnten 835 Suprakonstruktionen mit 37 Funktionsverlusten bei männlichen Patienten und 830 Suprakonstruktionen mit 83 Funktionsverlusten bei weiblichen Patienten aufgezeichnet werden. Eine tabellarische Zusammenfassung über die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit, den Standard-Fehler und das 95 %-Konfidenzintervall bietet Tabelle 5.3.

Tabelle 5.3: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Geschlechtes in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Geschlecht	**Gesamt-zahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenz-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Männer	835	37	14,208	0,216	13,784	14,632
Frauen	830	83	14,104	0,323	13,471	14,737

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen betrug innerhalb der Gruppe der männlichen Patienten 94,7 % und innerhalb der Gruppe der weiblichen Probanden 91,7 %. Die Untersuchung der 10-Jahres-Überlebensrate konnte bei den männlichen Patienten einen Wert von 87,3 % und bei den weiblichen Patienten einen Wert von 82,4 % aufzeigen. Die 15-Jahres-Überlebensrate wurde bei den männlichen Patienten nicht beobachtet. Bei den Patientinnen betrug die 15-Jahres-Überlebensrate 58,8 %.

Zu einer Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen kam es bei den männlichen Patienten nach 7,1 Jahren, bei den weiblichen Probanden nach 5,7 Jahren.

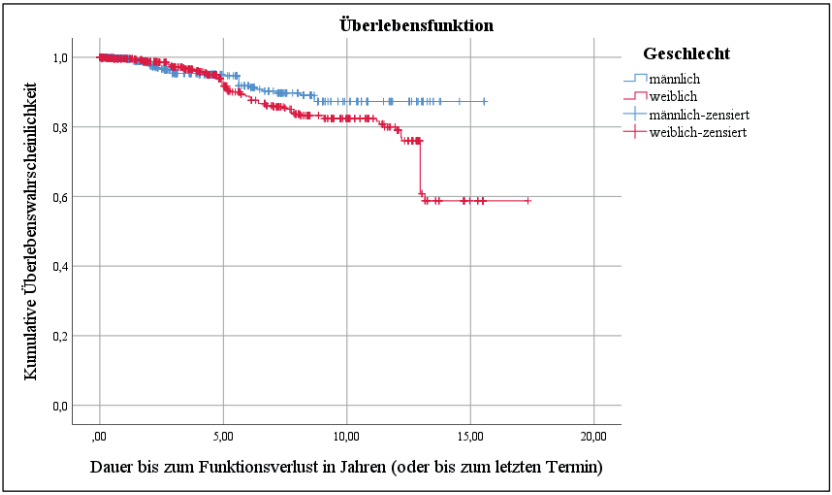

Abbildung 5.3: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

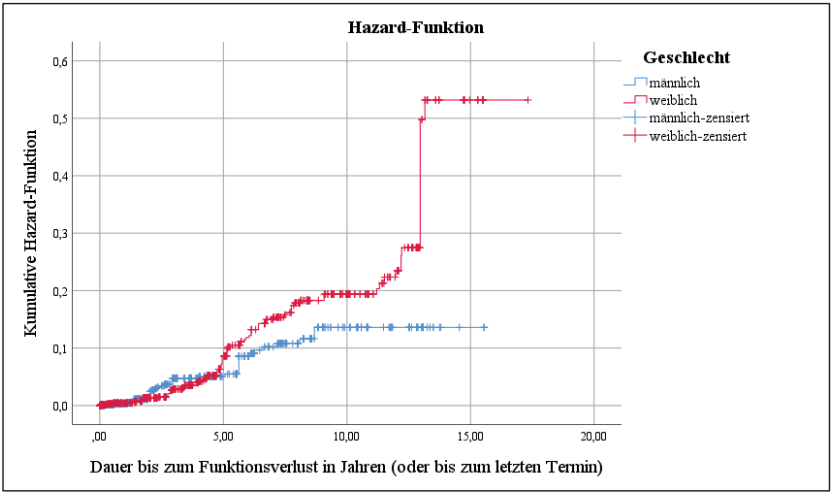

Abbildung 5.4: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.1.4 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Kiefers*

Anhand der durchgeführten Untersuchung konnte in allen drei Tests ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Suprakonstruktionen angesichts der Vergleichsgruppen Ober- und Unterkiefer aufgezeigt werden. Die nachfolgende Abbildung 5.5 und Abbildung 5.6 dienen zur graphischen Darstellung der Überlebensfunktion sowie des kumulierten Verlustrisikos der Suprakonstruktionen in Bezug auf das untersuchte Kriterium „Kiefer".

Unter den 1665 untersuchten Suprakonstruktionen befanden sich 789 im Oberkiefer und 876 im Unterkiefer. Im Oberkiefer ließen sich 41 und im Unterkiefer 79 Funktionsverluste erkennen. In der folgenden Tabelle 5.4 sind die mittlere Überlebenszeit sowie ergänzend der Standard-Fehler und das 95 %-Konfidenzintervall in Anbetracht der Differenzierung zwischen Ober- und Unterkiefer aufgeführt.

Tabelle 5.4: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Kiefer	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Oberkiefer	789	41	13,976	0,299	13,527	14,425
Unterkiefer	876	79	14,242	0,365	13,526	14,957

Die Erhebung der kumulativen 5-Jahres-Überlebensrate konnte einen Wert von 94,3 % für Suprakonstruktionen des Oberkiefers und 91,9 % für Suprakonstruktionen des Unterkiefers aufzeigen. Die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen im Oberkiefer wurde mit 90,2 % und im Unterkiefer mit 78,4 % beziffert. Die 15-Jahres-Überlebensrate belief sich im Oberkiefer auf 70,0 % und im Unterkiefer auf 67,5 %.

Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen fand im Oberkiefer nach 11,5 Jahren statt. Im Unterkiefer wurde diese nach 5,3 Jahren erreicht.

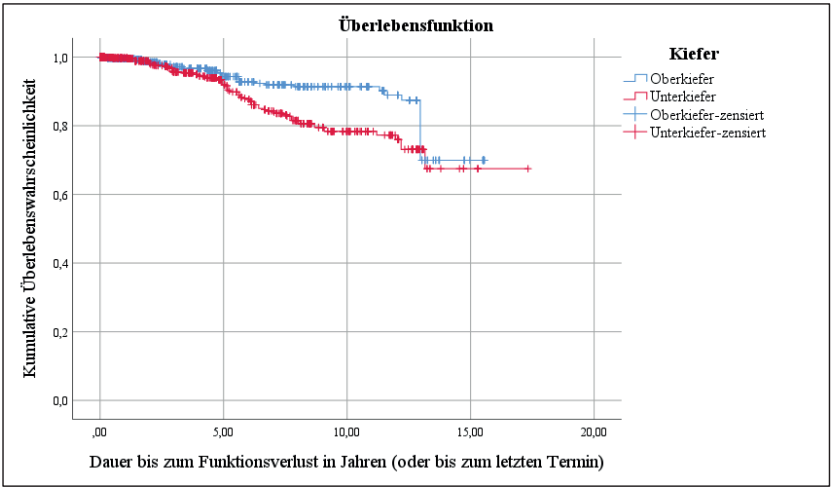

Abbildung 5.5: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

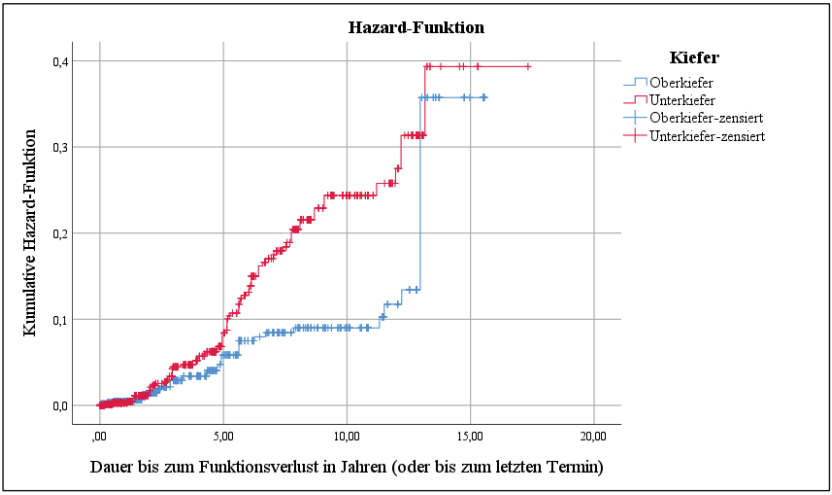

Abbildung 5.6: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.1.5 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers*

Mithilfe der durchgeführten Testmethoden konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$) der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Suprakonstruktionen auf Implantaten entsprechend der differentiellen Lokalisationen innerhalb eines Kiefers erfasst werden. Hierbei erfolgte die Einteilung in Frontzahn-Bereich, Eckzahn-Bereich, Prämolaren-Bereich und Molaren-Bereich. Zur graphischen Darstellung dient die im Nachfolgenden aufgeführte Kaplan-Meier-Kurve zur Beschreibung der Überlebensfunktion in Abbildung 5.7 und die kumulative Hazard-Funktion zur Erfassung des Verlustrisikos in Abbildung 5.8.

Die größte Gruppe innerhalb der Gesamtheit aller untersuchten Suprakonstruktionen stellte der Prämolaren-Bereich mit 609 Suprakonstruktionen dar, wovon 42 im Laufe ihre Funktion verloren. Im Frontzahn-Bereich konnten 338 Suprakonstruktionen mit 18 Funktionsverlusten, im Eckzahn-Bereich 187 Suprakonstruktionen mit 17 Funktionsverlusten und im Molaren-Bereich 531 Suprakonstruktionen mit 43 Funktionsverlusten erfasst werden. Zur Entnahme der jeweiligen mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit, des Standard-Fehlers und des 95 %-Konfidenzintervalls wird auf die nachstehende Tabelle 5.5 verwiesen.

Tabelle 5.5: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Lokalisation innerhalb des Kiefers	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Frontzahn-Bereich	338	18	13,253	0,339	12,588	13,918
Eckzahn-Bereich	187	17	12,886	0,543	11,821	13,951
Prämolaren-Bereich	609	42	14,737	0,411	13,932	15,543
Molaren-Bereich	531	43	13,333	0,308	12,730	13,937

Die Erfassung der kumulativen 5-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen konnte für den Frontzahn-Bereich 92,1 %, für den Eckzahn-Bereich 94,1 %, für den Prämolaren-Bereich 93,3 % und für den Molaren-Bereich 92,9 % aufweisen. Die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen des Frontzahn-Bereiches betrug 82,5 %, die des Eckzahn-Bereiches 77,6 %, die des Prämolaren-Bereiches 85,6 % und die des Molaren-Bereiches 82,4 %. Nach 15 Jahren Beobachtungszeit konnte für den Frontzahn- und Eckzahn-Bereich jeweils eine Überlebensrate von 82,5 % und 56,6 % erfasst werden. Für den Prämolaren- und Molaren-Bereich betrug diese je 66,9 % und 67,2 % (siehe Tabelle 5.6).

Tabelle 5.6: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Lokalisation innerhalb des Kiefers	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Frontzahn-Bereich	92,1	82,5	82,5
Eckzahn-Bereich	94,1	77,6	56,6
Prämolaren-Bereich	93,3	85,6	66,9
Molaren-Bereich	92,9	82,4	67,2

Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen konnte sowohl in der Gruppe der Frontzähne als auch in der Gruppe der Eckzähne erstmals nach 5,6 Jahren beobachtet werden. Die Gruppe der Prämolaren unterschritt die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit nach 5,7 Jahren, die der Molaren nach 6,3 Jahren.

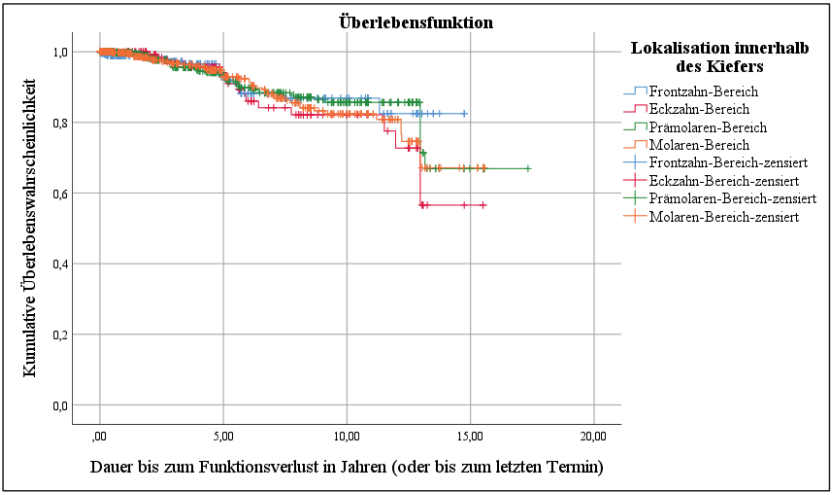

Abbildung 5.7: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

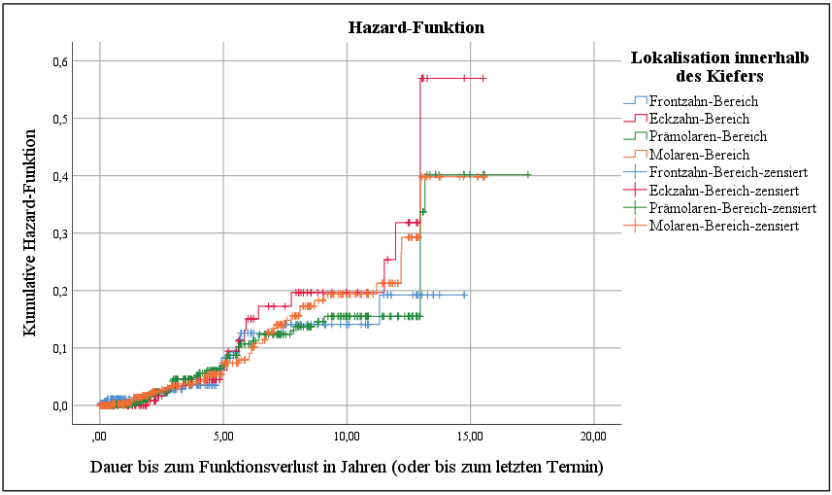

Abbildung 5.8: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.1.6 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Gegenkiefers*

Es konnte kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Suprakonstruktionen mithilfe der Testverfahren unter Bezugnahme der Bezahnung des Gegenkiefers festgestellt werden. Die Gegenkieferbezahnung wurde unterteilt in festsitzend oder natürlich bezahnt, implantatgetragener Zahnersatz, Kombi-Zahnersatz/Hybrid-Zahnersatz und herausnehmbarer Zahnersatz (Totalprothese, Einstückgussprothese, Interimsprothese). Im Folgenden dienen Abbildung 5.9 und Abbildung 5.10 der graphischen Visualisierung der Überlebensfunktion als auch des kumulativen Verlustrisikos untergliedert in die zuvor genannten Kriterien.

Der Großteil aller Versorgungsarten des Gegenkiefers wurde durch die Gruppe „festsitzend oder natürlich bezahnt“ mit einer Anzahl von 916 gebildet, wobei 61 Suprakonstruktionen funktionsuntüchtig wurden. Implantatgetragener Zahnersatz als Form der Gegenkieferbezahnung wurde bei 250 Suprakonstruktionen mit 18 Funktionsverlusten registriert. Der Kombi-Zahnersatz/Hybrid-Zahnersatz trat mit einer Anzahl von 364 und 31 Funktionsverlusten auf. Der herausnehmbare Zahnersatz ließ sich mit einem Vorkommen von 135 und 10 Funktionsverlusten im okkludierenden Kiefer beobachten. Tabelle 5.7 gibt einen Überblick über die mittlere Überlebenszeit, den Standard-Fehler sowie das 95 %-Konfidenzintervall innerhalb der beleuchteten Versorgungsarten des Gegenkiefers.

Tabelle 5.7: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Gegenkiefer	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Festsitzend oder natürlich bezahnt	916	61	14,684	0,341	14,016	15,352
Implantatgetragener Zahnersatz	250	18	13,957	0,355	13,261	14,653
Kombi-/Hybrid-Zahnersatz	364	3	13,341	0,327	12,699	13,983
Herausnehmbarer Zahnersatz	135	10	11,057	0,553	9,973	12,142

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate betrug für die Suprakonstruktionen, die im Gegenkiefer festsitzenden Zahnersatz aufwiesen oder natürlich bezahnt waren, 90,9 %. Für die Suprakonstruktionen, die im Gegenkiefer implantatgetragenen Zahnersatz enthielten, belief sich der 5-Jahres-Wert auf 93,6 %. Bei der Gruppe des Kombi-Zahnersatzes/Hybrid-Zahnersatzes betrug der Wert 96,5 % und für die Gruppe des herausnehmbaren Zahnersatzes 81,0 %. Für die 10-Jahres-Überlebensrate konnten analog jeweils Werte von 82,4 %, 84,9 %, 84,9 % und 77,3 % erzielt werden. Die 15-Jahres-Überlebensrate nahm in der Gruppe festsitzend oder natürlich bezahnt einen Wert von 72,0 %, in der Gruppe implantatgetragener Zahnersatz einen Wert von 80,7 % und in der Gruppe Kombi-Zahnersatz/Hybrid-Zahnersatz einen Wert von 54,0 % an. In der Gruppe des herausnehmbaren Zahnersatzes konnte die kumulative 15-Jahres–Überlebensrate nicht aufgezeichnet werden (siehe Tabelle 5.8).

Tabelle 5.8: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Gegenkiefer	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Festsitzend oder natürlich bezahnt	90,9	82,4	72,0
Implantatgetragener Zahnersatz	93,6	84,9	80,7
Kombi-/Hybrid-Zahnersatz	96,5	84,9	54,0
Herausnehmbarer Zahnersatz	81,0	77,3	-

In der Gruppe „festsitzend oder natürlich bezahnt“ trat eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen erstmalig nach 6 Jahren auf. Bei der Gruppe des implantatgetragenen Zahnersatzes konnte dies nach 6,6 Jahren, bei der des Kombi-Zahnersatzes/Hybrid-Zahnersatzes nach 5,9 Jahren und bei der des herausnehmbaren Zahnersatzes nach 5,1 Jahren beobachtet werden.

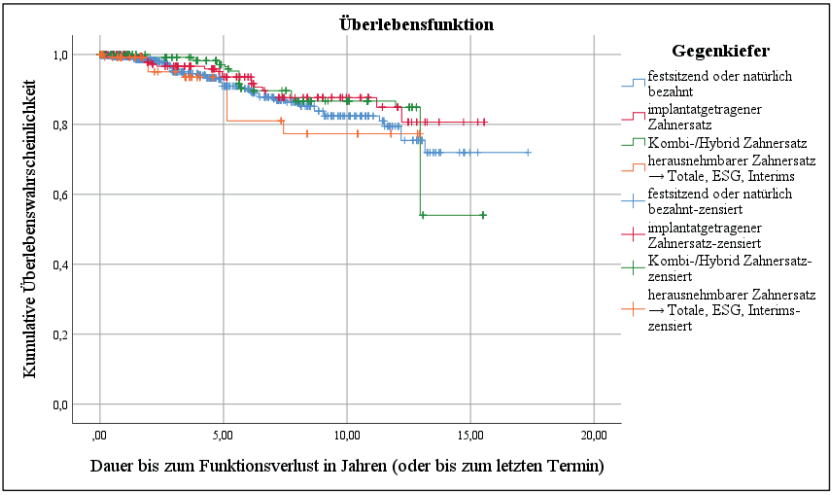

Abbildung 5.9: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

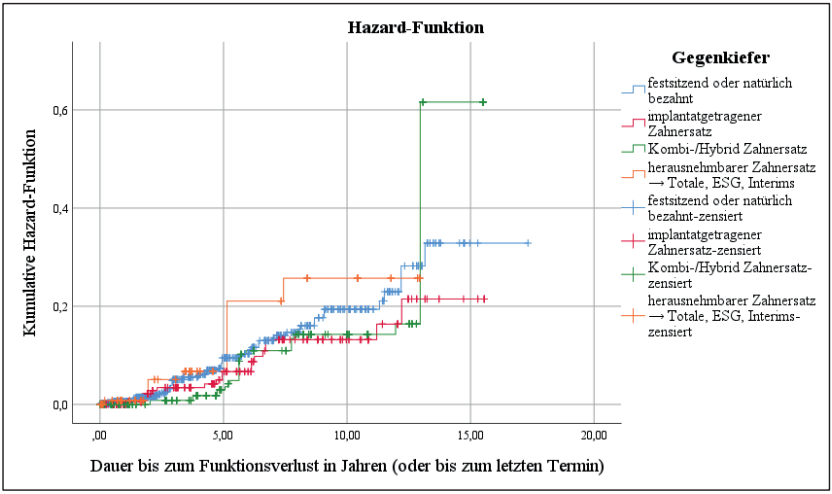

Abbildung 5.10: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.1.7 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Implantatanzahl*

In Bezug auf die Implantatanzahl konnte kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen beobachtet werden. Die nachstehende Tabelle 5.9 dient dem expliziten Überblick.

Tabelle 5.9: Cox-Regression der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Implantatanzahl (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Variable	Koeffizient	SE	Signifikanz (p-Wert)	Hazard Ratio	95 %-Konfidez-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Implantatanzahl	-0,007	0,024	0,777	0,993	0,948	1,041

5.1.8 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Verblockung*

Ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Suprakonstruktionen konnte in allen drei Testverfahren für die Verblockungsarten nachgewiesen werden. Im paarweisen Vergleich wurden hierbei insbesondere für die primäre Verblockung in Form einer Brücke höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zu den Vergleichsgruppen der nicht verblockten Einzelzahnimplantate, der nicht verblockten Implantate mit einem weiteren Implantat in direkter Nachbarschaft, der primären Verblockung in Form eines Kronenblockes und der sekundären Verblockung einer Teleskopversorgung ersichtlich. Zur besseren Übersicht sei für die Vergleiche der jeweiligen Verblockungsarten auf die nachstehende Tabelle 5.10 verwiesen. Weiter dient die im Folgenden aufgeführte Kaplan-Meier-Kurve zur graphischen Veranschaulichung der Überlebensfunktion (siehe Abbildung 5.11) sowie die kumulative Hazard-Funktion zur Darstellung des Verlustrisikos (siehe Abbildung 5.12) entsprechend der Untergliederung nach Art der Verblockung.

Tabelle 5.10: Vergleich des Signifikanzniveaus der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung

Test	Verblockung Referenz	Verblockung Vergleich				
		Nicht verblockt/ einzeln	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	Primäre Verblockung/ Kronenblock	Primäre Verblockung/ Brücke	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung
Log-Rank	Nicht verblockt/einzeln	-	**0,026**	0,616	**0,000**	0,159
	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	**0,026**	-	**0,002**	**0,004**	0,304
	Primäre Verblockung/ Kronenblock	0,616	**0,002**	-	**0,000**	**0,012**
	Primäre Verblockung/ Brücke	**0,000**	**0,004**	**0,000**	-	**0,000**
	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	0,159	0,304	**0,012**	**0,000**	-
Breslow	Nicht verblockt/einzeln	-	**0,036**	0,814	**0,000**	0,624
	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	**0,036**	-	**0,006**	0,060	**0,029**
	Primäre Verblockung/ Kronenblock	0,814	**0,006**	-	**0,000**	0,228
	Primäre Verblockung/ Brücke	**0,000**	0,060	**0,000**	-	**0,000**
	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	0,624	**0,029**	0,228	**0,000**	-
Tarone-Ware	Nicht verblockt/einzeln	-	**0,024**	0,758	**0,000**	0,357
	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	**0,024**	-	**0,003**	**0,020**	0,077
	Primäre Verblockung/ Kronenblock	0,758	**0,003**	-	**0,000**	0,076
	Primäre Verblockung/ Brücke	**0,000**	**0,020**	**0,000**	-	**0,000**
	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	0,357	0,077	0,076	**0,000**	-

Unter der Gesamtanzahl von 1665 untersuchten Suprakonstruktionen auf Implantaten konnten 316 nicht verblockte Suprakonstruktionen auf Einzelzahnimplantaten notiert werden. Innerhalb dieser Gruppe kam es zu elf Funktionsverlusten. In der Gruppe der nicht verblockten Suprakonstruktionen, die jedoch ein Implantat in direkter Nachbarschaft besaßen, verloren 23 der insgesamt 230 Suprakonstruktionen ihre Funktion. Die Gruppe der primären Verblockung zählte für die Kronenblöcke eine Anzahl von 432 mit 17 Funktionsverlusten und für die Brücken eine Anzahl von 112, wovon 22 funktionsuntüchtig wurden. Die sekundäre Verblockung in Form einer Teleskopversorgung konnte mit 575 an der Zahl notiert werden. Hierbei zeigten sich 47 Funktionsverluste. Tabelle 5.11 bietet eine Übersicht über die mittlere Überlebenszeit der Suprakonstruktionen untergliedert nach Art der Verblockung. Weiter lässt sich sowohl der Standard-Fehler als auch das 95 %-Konfidenzintervall entnehmen. Der Median konnte lediglich für die Verblockungsart „primäre Verblockung/Brücke“ mit einem Wert von 13,155 Jahren sowie einem Standard-Fehler von 0,000 ermittelt werden und wird daher nicht in Tabelle 5.11 aufgeführt.

Tabelle 5.11: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Verblockung	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Nicht verblockt/einzeln	316	11	15,718	0,490	14,758	16,679
Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	230	23	12,955	0,490	11,995	13,915
Primäre Verblockung/ Kronenblock	432	17	13,808	0,211	13,376	14,241
Primäre Verblockung/ Brücke	112	22	9,731	0,623	8,509	10,952
Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	575	47	13,076	0,309	12,470	13,682

Die 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate der nicht verblockten Einzelzahnimplantate betrug 95,9 %, 86,7 % beziehungsweise 82,4 %. Für die Gruppe der nicht verblockten Suprakonstruktionen, die ein Implantat in direkter Nachbarschaft besaßen, konnte eine 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 86,3 %, 81,1 % beziehungsweise 66,9 % ermittelt werden. Die primär verblockten Suprakonstruktionen in Form eines Kronenblockes zeigten für die 5-Jahres-Überlebensrate einen Wert von 95,6 %. Für die 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate betrug der Wert jeweils 90,6 % beziehungsweise 87,8 %. Hinzukommend umfasst die Gruppe der primären Verblockungen zusätzlich jene Brücken, die eine 5-, beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensrate von 76,2 % beziehungsweise 58,1 % aufwiesen. Eine 15-Jahres-Überlebensrate konnte innerhalb dieser Verblockungsart nicht erfasst werden. Die sekundären Verblockungen im Sinne von Teleskopversorgungen zeigten eine 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 94,3 %, 82,4 % beziehungsweise 52,4 % (siehe Tabelle 5.12).

Tabelle 5.12: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Verblockung	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Nicht verblockt/einzeln	95,9	86,7	82,4
Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	86,3	81,1	66,9
Primäre Verblockung/Kronenblock	95,6	90,6	87,8
Primäre Verblockung/Brücke	76,2	58,1	-
Sekundäre Verblockung/Teleskopversorgung	94,3	82,4	52,4

Die Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit zeigte sich in der Gruppe der nicht verblockten Einzelzahnimplantate nach 11,3 Jahren. Eine Unterschreitung dieser wurde bei den nicht verblockten Suprakonstruktionen, die jedoch ein Implantat in direkter Nachbarschaft besaßen, nach 4,9 Jahren erreicht. Innerhalb der beiden Gruppen der primären Verblockungsarten zeigten die Kronenblöcke eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 12,2 Jahren sowie die Brücken nach 2,9 Jahren. Die Teleskopversorgungen, die eine sekundäre Verblockung

darstellen, unterschritten diese nach 5,7 Jahren. Eine Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit trat lediglich innerhalb der Gruppe der primären Verblockung seitens der Brücken nach 13,2 Jahren auf.

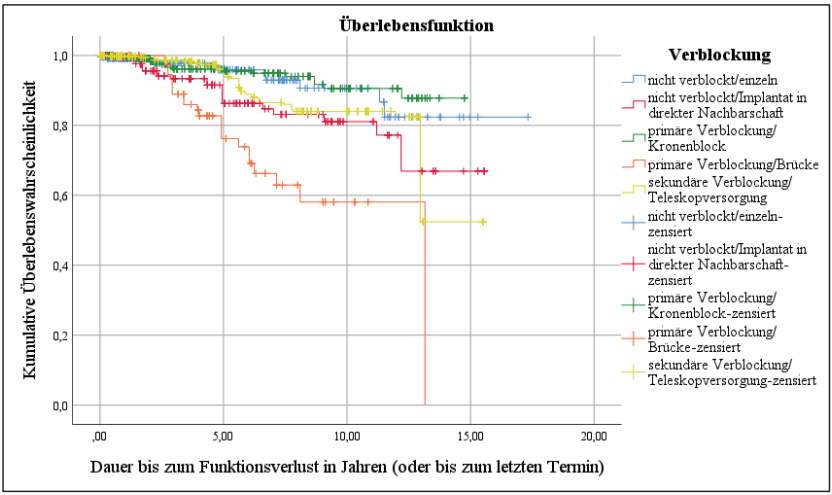

Abbildung 5.11: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

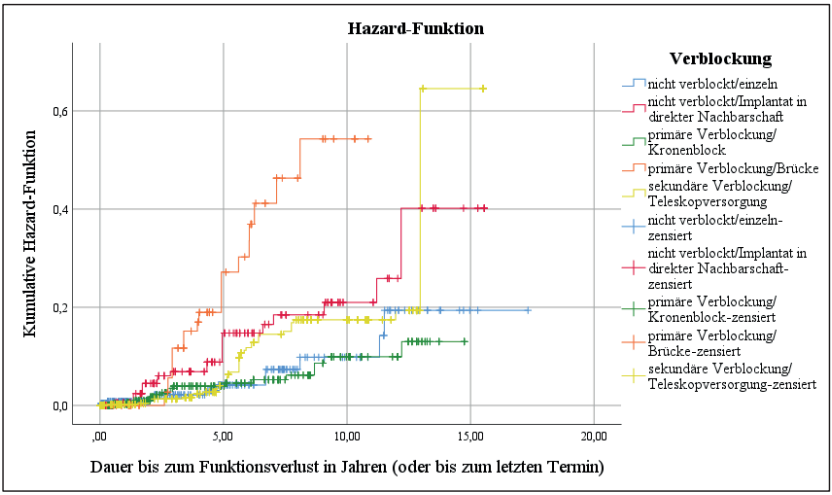

Abbildung 5.12: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.1.9 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung*

Die Analyse der drei zugrundeliegenden Testverfahren ergaben übereinstimmend einen statistisch signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) bezüglich der Überlebenswahrscheinlichkeit von Suprakonstruktionen zwischen Patienten ohne vorangegangenen Tumor im Kopf-Hals-Bereich und Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung jedoch ohne chirurgische Rekonstruktion. Zwischen Patienten ohne vorherige Tumorerkrankung und Patienten mit Tumorerkrankung und ergänzender chirurgischer Rekonstruktion mittels Fibula- oder Beckenkammtransplantat war der Unterschied höchst signifikant ($p < 0,001$). Hinsichtlich des Vergleiches der Patienten mit Tumorerkrankung aber ohne Rekonstruktion und denjenigen mit nachfolgender chirurgischer Rekonstruktion konnte anhand der statistischen Tests kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) wahrgenommen werden. Die dazugehörige Kaplan-Meier-Kurve in Abbildung 5.13 veranschaulicht die Überlebensfunktion untergliedert in die jeweiligen Patientengruppen. Abbildung 5.14 bildet die entsprechende Hazard-Funktion ab.

Während des Beobachtungszeitraumes konnten 1310 Suprakonstruktionen bei Patienten ohne Tumorerkrankung im Kopf-Hals-Bereich erfasst werden. Innerhalb dieser Patientengruppe wurden 81 Funktionsverluste der Suprakonstruktionen notiert. Die Gruppe der Patienten mit vorangegangenem Tumor aber ohne chirurgische Rekonstruktion umfasst 128 Suprakonstruktionen, wovon acht im Verlauf funktionsuntüchtig wurden. Diejenigen Patienten, die eine ergänzende chirurgische Rekonstruktion erhielten, zeigten 31 Funktionsverluste bei einer Gesamtzahl von 227 Suprakonstruktionen. Entsprechend der untenstehenden Tabelle 5.13 lässt sich die mittlere Überlebenszeit, der Standard-Fehler sowie das 95 %-Konfidenzintervall, untergliedert nach den zuvor benannten Patientengruppen, entnehmen.

Tabelle 5.13: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Tumorerkrankung	**Gesamt-zahl (n)**	**Anzahl der Er-eignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenz-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Pat. ohne Tumor	1310	81	15,011	0,251	14,519	15,503
Pat. mit Tumor aber **ohne** Rekonstruktion	128	8	8,964	0,468	8,046	9,882
Pat. mit Tumor und **mit** Rekonstruktion	227	31	10,360	0,393	9,591	11,130

In der Gruppe der Patienten ohne Tumorerkrankung betrug die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate für die Suprakonstruktionen auf Implantaten 95,0 %. Diejenigen Suprakonstruktionen der Patienten mit vorangegangenem Tumor aber ohne Rekonstruktion wiesen eine 5-Jahres-Überlebensrate von 75,6 % auf. Analog wurde mit Rekonstruktion ein Wert von 84,3 % erzielt. Hinsichtlich der 10-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen bei Patienten ohne Tumor belief sich der Wert auf 86,8 % und bei Patienten mit Tumor und nachfolgender Rekonstruktion auf 66,5 %. Innerhalb der Gruppe der Patienten mit Tumor und ohne Rekonstruktion konnte die 10-Jahres-Überlebensrate nicht erreicht werden. Nach 15 Jahren konnten lediglich die Versorgungen bei Patienten ohne Tumor einen Wert von 70,2 % erzielen (siehe Tabelle 5.14).

Tabelle 5.14: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Tumorerkrankung	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Pat. ohne Tumor	95,0	86,8	70,2
Pat. mit Tumor aber **ohne** Rekonstruktion	75,6	-	-
Pat. mit Tumor und **mit** Rekonstruktion	84,3	66,5	-

Suprakonstruktionen bei Patienten ohne Kopf-Hals-Tumoren unterschritten erstmals nach 6,4 Jahren die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit. Eine Unterschreitung dieser trat bei Patienten mit Tumorerkrankung sowohl mit als auch ohne Rekonstruktion nach 2,9 Jahren auf.

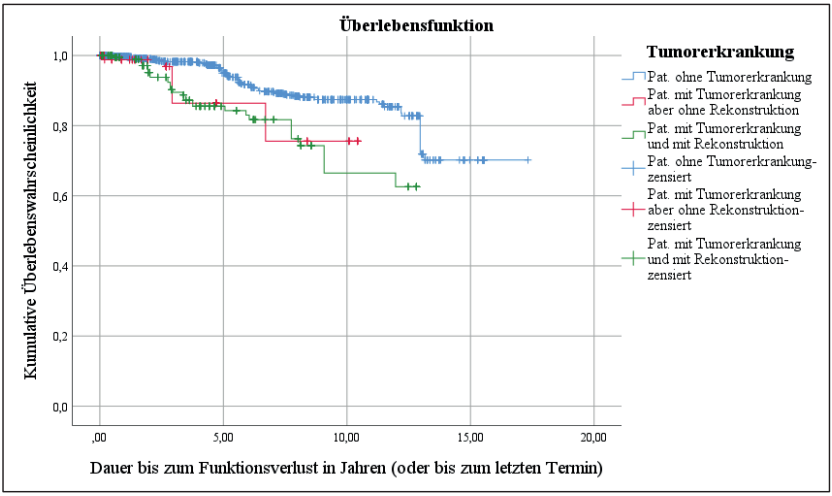

Abbildung 5.13: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

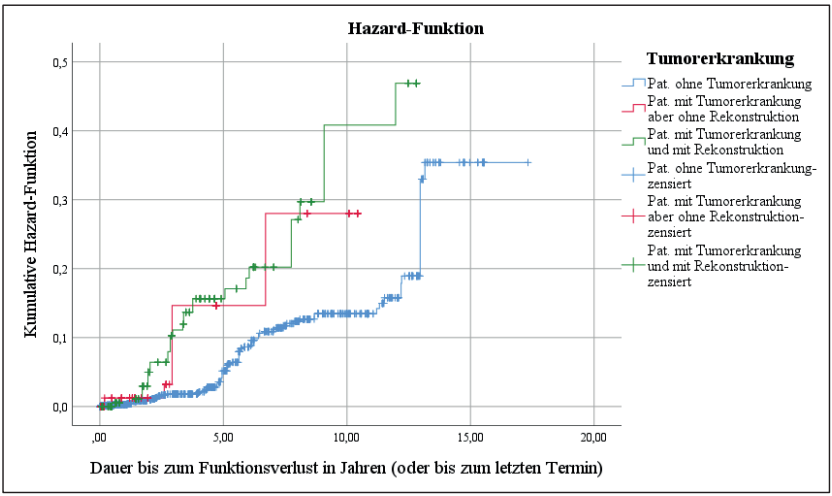

Abbildung 5.14: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

5.2 Cox-Regression - implantatgetragene Suprakonstruktionen

Bei der multifaktoriellen Analyse mittels Cox-Regression (Tabelle 5.15) hatten die Faktoren „Geschlecht“, „Kiefer“, „Gegenkiefer“ sowie „Implantatanzahl“ keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0,05$) auf das Zielereignis „Funktionsverlust“. Die Referenzkategorien waren bei dem Geschlecht „männlich“, bei dem Kiefer „Oberkiefer“ und bei dem Gegenkiefer „festsitzender Zahnersatz oder natürlich bezahnt“ (Tabelle 5.16).

Die Faktoren „Verblockung“, „Tumorerkrankung“ und „Patientenalter“ hatten analog zu den univariaten Vergleichen auch im Cox-Modell einen statistisch signifikanten ($p < 0,05$) Einfluss auf die Dauer bis zum Funktionsverlust. Zusätzlich erwies sich in der multifaktoriellen Auswertung der Faktor „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ als signifikanter Einflussgeber.

Bei dem Faktor „Verblockung“ war die Referenzkategorie „nicht verblocktes Einzelzahnimplantat“. Suprakonstruktionen, die ein Implantat in direkter Nachbarschaft hatten und nicht verblockt waren, hatten ein 2,7-fach erhöhtes Funktionsverlustrisiko. Primär verblockte Suprakonstruktionen in Form einer Brücke wiesen ein 5,4-fach höheres Funktionsverlustrisiko auf.

Der Faktor „Tumorerkrankung“ mit der Referenzkategorie „Patient ohne Tumorerkrankung“ zeigte für Patienten mit Tumorerkrankung und ohne Rekonstruktion ein 3,2-fach, für Patienten mit Tumorerkrankung und mit Rekonstruktion ein 2,4-fach erhöhtes Funktionsverlustrisiko auf.

Bei dem Faktor „Patientenalter“ sank das Funktionsverlustrisiko um jeweils 3,7 %, wenn das Eingliederungsjahr um ein Jahr erhöht wurde.

Bei dem Faktor „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ war die Referenzkategorie „Frontzahn-Bereich“. Im Vergleich dazu hatten Suprakonstruktionen, die im Molaren-Bereich eingegliedert wurden, ein gut doppelt so hohes Funktionsverlustrisiko.

Tabelle 5.15: Cox-Regression der Suprakonstruktionen (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665

Variable	Koeffi-zient	SE	Signifikanz (p-Wert)	Hazard Ratio	95 %-Konfidenz-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Patientenalter	-0,037	0,008	**0,000**	0,963	0,949	0,978
Geschlecht	0,401	0,208	0,054	1,493	0,993	2,243
Kiefer	0,317	0,213	0,137	1,372	0,904	2,084
Lokalisation innerhalb des Kiefers	-	-	0,134	-	-	-
Lokalisation innerhalb des Kiefers (1)	0,445	0,350	0,204	1,561	0,786	3,100
Lokalisation innerhalb des Kiefers (2)	0,336	0,301	0,264	1,400	0,775	2,527
Lokalisation innerhalb des Kiefers (3)	0,701	0,313	**0,025**	2,015	1,091	3,725
Gegenkiefer	-	-	0,405	-	-	-
Gegenkiefer (1)	-0,160	0,311	0,607	0,852	0,463	1,568
Gegenkiefer (2)	0,077	0,402	0,848	1,080	0,492	2,373
Gegenkiefer (3)	0,797	0,519	0,125	2,219	0,802	6,141
Implantatanzahl	-0,004	0,042	0,916	0,996	0,917	1,081
Verblockung	-	-	**0,000**	-	-	-
Verblockung (1)	0,980	0,383	**0,011**	2,664	1,257	5,647
Verblockung (2)	-0,162	0,408	0,691	0,850	0,382	1,892
Verblockung (3)	1,684	0,399	**0,000**	5,389	2,467	11,768
Verblockung (4)	0,484	0,489	0,322	1,622	0,623	4,226
Tumorerkrankung	-	-	**0,000**	-	-	-
Tumorerkrankung (1)	1,151	0,435	**0,000**	3,161	1,347	7,417
Tumorerkrankung (2)	0,858	0,241	**0,000**	2,359	1,470	3,785

Tabelle 5.16: Codierung der Variablen im Cox-Modell (0 = Referenzkategorie, 1 = Testvariable)

Variable		Häu-figkeit	(1)	(2)	(3)	(4)
Geschlecht	0 = männlich	835	0	-	-	-
	1 = weiblich	830	1	-	-	-
Kiefer	0 = Oberkiefer	789	0	-	-	-
	1 = Unterkiefer	876	1	-	-	-
Lokalisation innerhalb des Kiefers	0 = Frontzahn-Bereich	338	0	0	0	-
	1 = Eckzahn-Bereich	187	1	0	0	-
	2 = Prämolaren-Bereich	609	0	1	0	-
	3 = Molaren-Bereich	531	0	0	1	-
Gegenkiefer	0 = festsitzend oder natürlich bezahnt	916	0	0	0	-
	1 = implantatgetragener Zahnersatz	250	1	0	0	-
	2 = Kombi-/Hybrid-Zahnersatz	364	0	1	0	-
	3 = herausnehmbarer Zahnersatz	135	0	0	1	-
Verblockung	0 = nicht verblockt/einzeln	316	0	0	0	0
	1 = nicht verblockt/Impl. in direkter Nachbarschaft	230	1	0	0	0
	2 = primäre Verblockung/Kronenblock	432	0	1	0	0
	3 = primäre Verblockung/Brücke	112	0	0	1	0
	4 = sekundäre Verblockung/Teleskopversorgung	575	0	0	0	1
Tumor-erkrankung	0 = Pat. ohne Tumorerkrankung	1310	0	0	-	-
	1 = Pat. mit Tumorerkrankung ohne Rekonstruktion	128	1	0	-	-
	2 = Pat. mit Tumorerkrankung mit Rekonstruktion	227	0	1	-	-

5.3 Klinische Bewährung von Implantaten

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 1627 Implantate bei 469 Patienten dokumentiert und ausgewertet. Die Beobachtungsdauer lag bezogen auf die Implantate im Mittel bei 5,22 ± 4,22 Jahren, wobei der längste dokumentierte Zeitraum 17,82 Jahre betrug. Bei Insertion des Implantates waren die Patienten im Mittel 51,54 ± 15,93 (Minimum 14,8 und Maximum 85,5) Jahre alt.

5.3.1 *Gesamtbetrachtung*

Unter 1627 untersuchten Implantaten konnten während des gesamten Beobachtungszeitraumes 82 Explantationen registriert werden. 297 Tage (= 9,8 Monate) nach Insertion eines Implantates wurde erstmals eine Explantation beobachtet. Die Explantationsgründe und die Anzahl betroffener Implantate sind Tabelle 5.17 zu entnehmen. Der häufigste Grund für eine Explantation der untersuchten Implantate war hierbei das Krankheitsbild einer Periimplantitis. Eine Fraktur des jeweiligen Implantates hingegen konnte innerhalb des Beobachtungszeitraumes lediglich in drei Fällen beobachtet werden.

Tabelle 5.17: Gründe für eine Explantation, n = 1627

Grund	**Häufigkeit**	**Prozent (%)**
Implantatfraktur	3	3,7
Mangelhafte Osseointegration	1	1,2
Periimplantitis	55	67,1
Periimplantärer Knochenabbau	14	17,1
Schmerzen/Sensibilitätsstörungen	2	2,4
Tumorrezidiv (Teilresektion)	5	6,1
Sonstige	2	2,4
Gesamt	***82***	***5,0***

Die mittlere Überlebenszeit der Gesamtpopulation aller untersuchten Implantate betrug 15,98 ± 0,20 Jahre (95 %-Konfidenzintervall: 15,58 - 16,37 Jahre). Im Folgenden wird der Median im Einzelnen nicht näher beschrieben, da eine Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit nicht beobachtet wurde. Lediglich in Hinblick auf das untersuchte Kriterium „Verblockung“ war eine Ermittlung des Medians möglich.

Die kumulative 5- beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensrate der Implantate belief sich auf 96,6 % beziehungsweise 89,4 %. Nach einem Beobachtungsintervall von 15 Jahren konnte eine Überlebensrate von 76,3 % beschrieben werden.

Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde nach 10,0 Jahren unterschritten. Zur Veranschaulichung der Überlebensfunktion dient die nachfolgende Abbildung 5.15. Das Verlustrisiko aller Implantate wird in Abbildung 5.16 mit dem Zielereignis „Explantation“ illustriert.

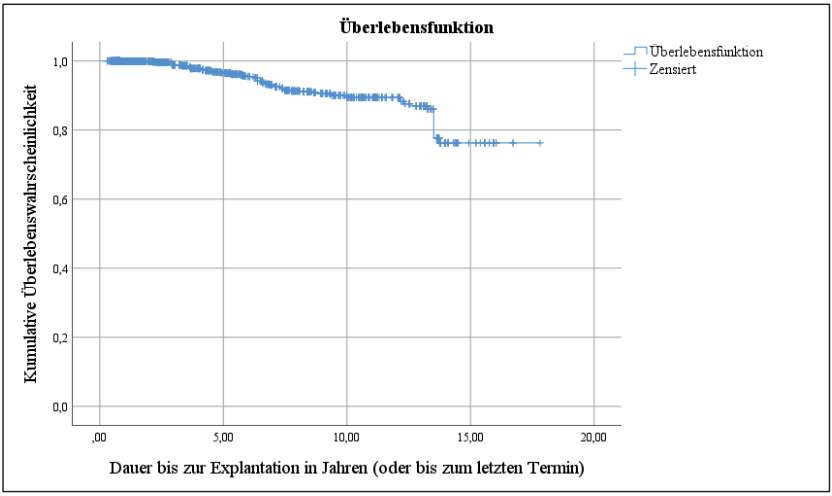

Abbildung 5.15: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate (Zielereignis: Explantation), n = 1627

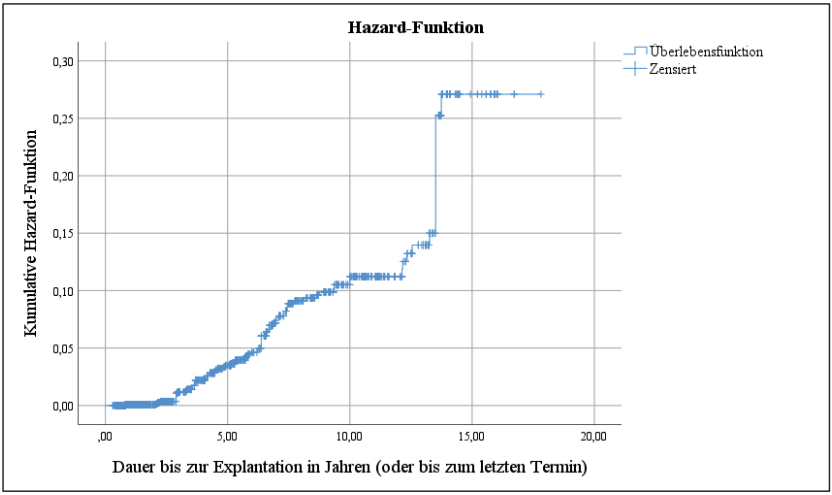

Abbildung 5.16: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.3.2 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters*

Das Patientenalter hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate (siehe Tabelle 5.18).

Tabelle 5.18: Cox-Regression der Implantate für das Patientenalter (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Variable	**Koeffizient**	**SE**	**Signifikanz (p-Wert)**	**Hazard Ratio**	**95 %-Konfidenz-intervall**	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Patientenalter	-0,011	0,008	0,166	0,989	0,974	1,005

5.3.3 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes*

Für das Kriterium Patientengeschlecht konnte kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten anhand der durchgeführten Testverfahren diagnostiziert werden. Die Überlebensfunktion sowie das kumulierte Verlustrisiko der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes der untersuchten Patienten werden in Abbildung 5.17 beziehungsweise Abbildung 5.18 graphisch veranschaulicht.

Insgesamt konnten unter der Gesamtheit von 1627 Implantaten 825 unter den männlichen Patienten und 802 unter den weiblichen Probanden notiert werden. Innerhalb der männlichen Patientengruppe zeigten sich 27 Ereignisse in Form von Explantationen. Demgegenüber wies die weibliche Patientengruppe 55 Explantationen auf. Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit, der Standard-Fehler und das 95 %-Konfidenzintervall sind in Tabelle 5.19, für Männer und Frauen separiert, aufgelistet.

Tabelle 5.19: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Geschlecht	**Gesamt-zahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenz-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Männer	825	27	15,080	0,180	14,728	15,432
Frauen	802	55	15,648	0,275	15,108	16,188

Die männliche Patientengruppe zeigte eine kumulative 5- beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensrate der Implantate von 96,5 % beziehungsweise 90,8 %. Die 15-Jahres-Überlebensrate wurde nicht erfasst. Die untersuchten Patientinnen zeigten eine 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate der Implantate von 96,5 %, 88,7 % beziehungsweise 69,5 %.

Die Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit konnte innerhalb der Gruppe der männlichen Patienten nicht erfasst werden. Innerhalb der Gruppe der weiblichen Patienten konnte eine Unterschreitung nach 8,8 Jahren beobachtet werden.

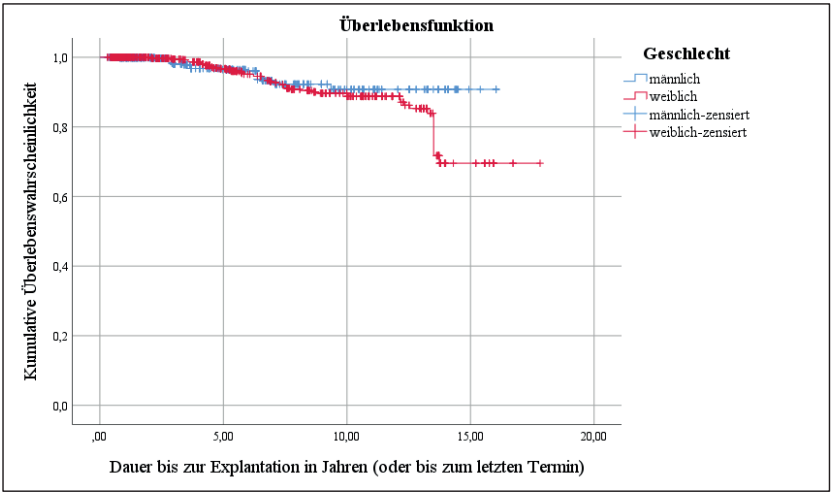

Abbildung 5.17: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Explantation), n = 1627

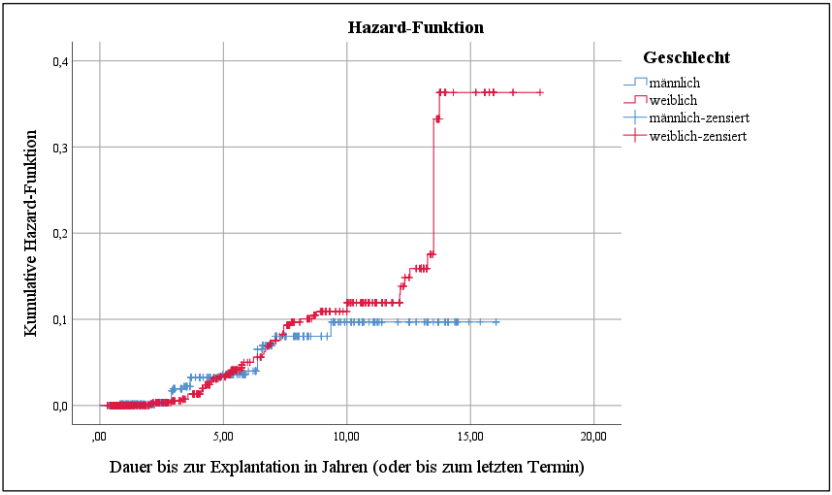

Abbildung 5.18: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.3.4 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Kiefers*

Mittels Log-Rank-Test konnte ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) des Kiefers auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate festgestellt werden. Die Ergebnisse des Breslow- beziehungsweise Tarone-Ware-Testes zeigten statistisch höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) in Bezug zu der Lokalisation der Implantate im Ober- beziehungsweise Unterkiefer. Der Einfluss des jeweiligen Kiefers auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate wird im Nachfolgenden in Abbildung 5.19 mittels Kaplan-Meier-Kurve veranschaulicht. Abbildung 5.20 zeigt ergänzend die kumulative Hazard-Funktion zur Darstellung des Verlustrisikos dentaler Implantate im Ober- beziehungsweise Unterkiefer.

Die vorliegende Studie erfasste im Oberkiefer unter 773 inserierten Implantaten 25 Explantationen. Im Unterkiefer zeigten sich unter 854 Implantaten 57 Explantationen. Die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate, der Standard-Fehler sowie das 95 %-Konfidenzintervall sind nachstehend tabellarisch aufgeführt (Tabelle 5.20).

Tabelle 5.20: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Kiefer	**Gesamt-zahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenz-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Oberkiefer	773	25	14,977	0,195	14,595	15,359
Unterkiefer	854	57	15,733	0,271	15,203	16,264

Im Oberkiefer konnte für die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate dentaler Implantate ein Wert von 98,2 % aufgezeichnet werden. Im Unterkiefer belief sich der Wert auf 94,7 %. Die 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate lag im Oberkiefer bei 95,3 % beziehungsweise 73,5 %. Im Unterkiefer wurden analog Werte von 84,3 % beziehungsweise 79,2 % für die Überlebensraten registriert.

Die Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten des Oberkiefers erfolgte nach 13,5 Jahren. Implantate des Unterkiefers unterschritten diese nach 6,9 Jahren.

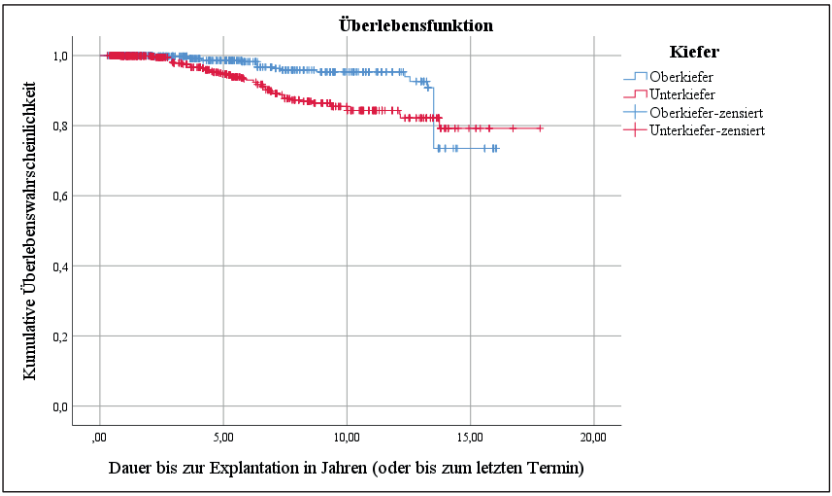

Abbildung 5.19: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

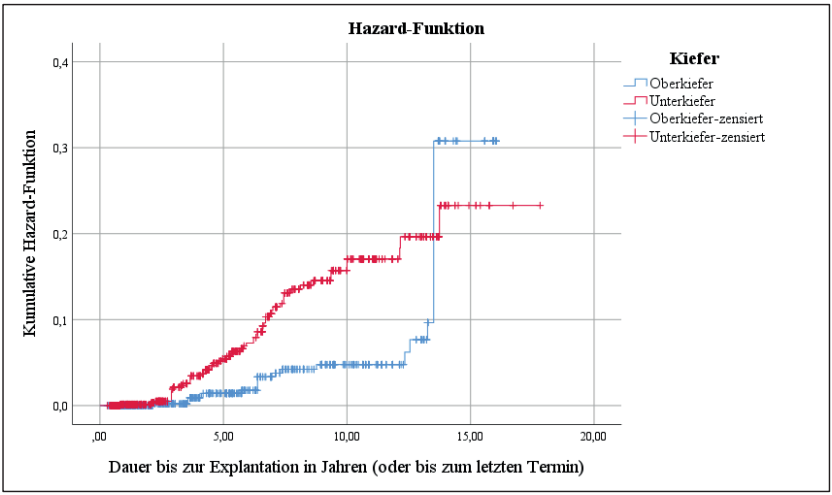

Abbildung 5.20: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.3.5 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers*

Die drei durchgeführten Testmethoden konnten übereinstimmend aufzeigen, dass die Lokalisation eines Implantates innerhalb des Kiefers keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf dessen Überlebenswahrscheinlichkeit hat. Eine graphische Veranschaulichung der Überlebensfunktion sowie des kumulierten Verlustrisikos findet sich unten anstehend in Abbildung 5.21 beziehungsweise 5.22.

Innerhalb aller untersuchten Implantate befanden sich 331 im Frontzahn-Bereich, wobei in elf Fällen eine Explantation notwendig wurde. Der Eckzahn-Bereich umfasste 182 Implantate, wovon zwölf Implantate im Laufe des Beobachtungszeitraumes explantiert werden mussten. Im Prämolaren- beziehungsweise Molaren-Bereich konnten 600 beziehungsweise 514 Implantate mit 32 beziehungsweise 27 Explantationen gezählt werden. Zur Übersicht der mittleren Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Hinblick auf die Lokalisation dieser innerhalb eines Kiefers dient Tabelle 5.21. Aus dieser lässt sich zudem der Standard-Fehler sowie das 95 %-Konfidenzintervall entnehmen.

Tabelle 5.21: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1627

Lokalisation innerhalb des Kiefers	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Frontzahn-Bereich	331	11	14,581	0,295	14,003	15,160
Eckzahn-Bereich	182	12	14,128	0,458	13,232	15,025
Prämolaren-Bereich	600	32	15,817	0,365	15,102	16,531
Molaren-Bereich	514	27	15,222	0,276	14,682	15,763

Die Erhebung der kumulativen Überlebensraten der Implantate in Bezug auf ihre Lokalisation innerhalb des Kiefers ergab für die 5-Jahres-Überlebensrate im Frontzahn-Bereich 96,6 %, im Eckzahn-Bereich 96,3 %, im Prämolaren-Bereich 95,7 % und im Molaren-Bereich 96,2 %. Die 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate zeigte Werte von 91,4 % beziehungsweise 86,3 % für den Frontzahn-Bereich, 84,5 % beziehungsweise 64,8 % für den Eckzahn-Bereich, 89,0 % beziehungsweise 72,6 % für den Prämolaren-Bereich und 88,9 % beziehungsweise 78,9 % für den Molaren-Bereich (siehe Tabelle 5.22).

Tabelle 5.22: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Lokalisation innerhalb des Kiefers	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Frontzahn-Bereich	96,6	91,4	86,3
Eckzahn-Bereich	96,3	84,5	64,8
Prämolaren-Bereich	95,7	89,0	72,6
Molaren-Bereich	96,2	88,9	78,9

Implantate in Regio der Frontzähne unterschritten die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit nach 12,5 Jahren. Implantate, die in Regio der Eckzähne inseriert wurden, unterschritten diese nach 7,4 Jahren. Sowohl im Prämolaren- als auch Molaren-Bereich konnte die Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 9,4 Jahren festgestellt werden.

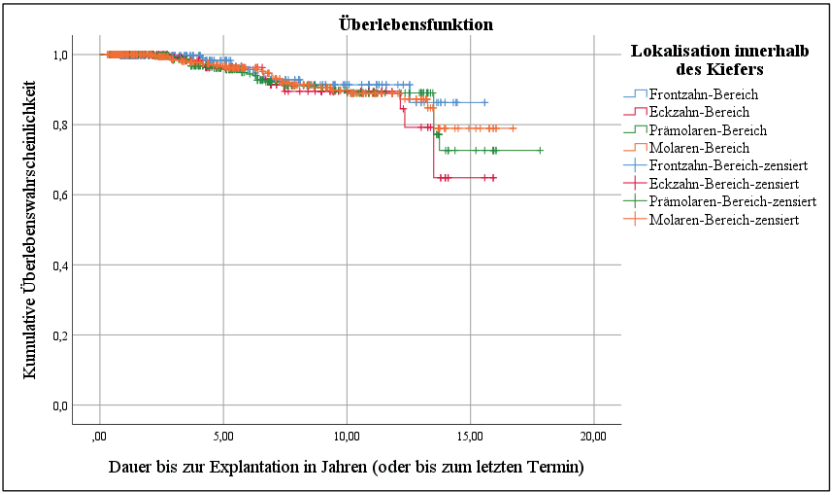

Abbildung 5.21: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

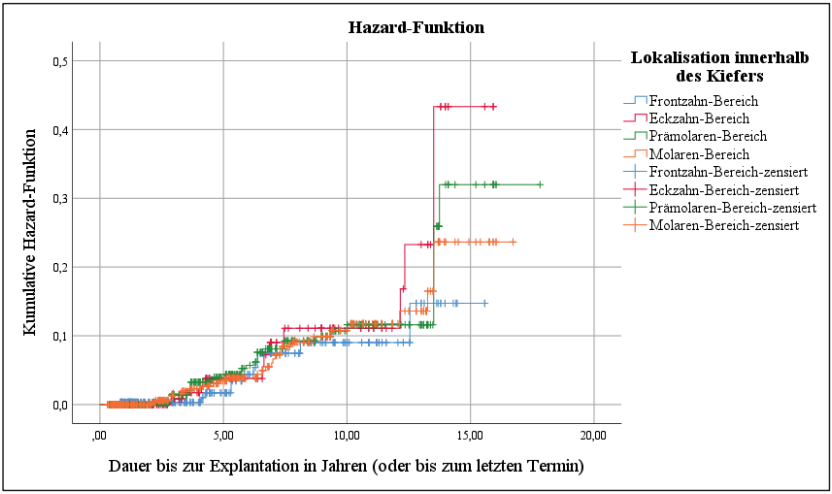

Abbildung 5.22: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.3.6 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Gegenkiefers*

Die drei statistischen Testverfahren erwiesen übereinstimmend, dass die Bezahnung beziehungsweise Art der Versorgung des Gegenkiefers keinen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate hat ($p > 0,05$). Die Überlebensfunktion sowie das kumulative Verlustrisiko werden untergliedert nach Art der Gegenkieferbezahnung graphisch in Abbildung 5.23 und Abbildung 5.24 dargestellt.

Die große Mehrheit aller Versorgungsarten des Gegenkiefers wurde durch die Gruppe „festsitzend oder natürlich bezahnt“ gebildet. Diese Form der Gegenkieferbezahnung ließ sich bei 893 Implantaten feststellen. Darunter kam es in 38 Fällen zu einer Explantation. Die Gruppe des implantatgetragenen Zahnersatzes umfasste 242 Implantate mit 10 Explantationen. Der Kombi-Zahnersatz/Hybrid-Zahnersatz wurde 361-mal gezählt, wovon 28 Implantate explantiert wurden. Ein herausnehmbarer Zahnersatz im Gegenkiefer fand sich lediglich in 131 Fällen mit sechs Explantationen. Die mittlere Überlebenszeit der Implantate in Abhängigkeit der jeweiligen Gegenkieferversorgung ist Tabelle 5.23 zu entnehmen. Weiter lässt sich hieraus der Standard-Fehler sowie das 95 %-Konfidenzintervall ablesen.

Tabelle 5.23: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Gegenkiefer	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Festsitzend oder natürlich bezahnt	893	38	16,156	0,276	15,614	16,697
Implantatgetragener Zahnersatz	242	10	15,087	0,291	14,518	15,656
Kombi-/Hybrid-Zahnersatz	361	28	14,127	0,293	13,554	14,701
Herausnehmbarer Zahnersatz	131	6	12,816	0,387	12,058	13,574

Für diejenigen Implantate, die einen natürlichen beziehungsweise festsitzenden Zahnersatz als Gegenkieferversorgung aufzeigten, konnte eine kumulative 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 95,7 %, 88,0 % beziehungsweise 81,7 % ermittelt werden. Die Gruppe des implantatgetragenen Zahnersatzes zeigte korrespondierend Werte von 98,1 %, 90,1 % beziehungsweise 84,8 %. In der Gruppe des Kombi-Zahnersatzes/Hybrid-Zahnersatzes beliefen sich die Überlebensraten jeweils auf 97,2 %, 89,0 % und 61,3 %. Der herausnehmbare Zahnersatz zeigte für die 5-Jahres-Überlebensrate 92,8 % auf, für die 10-Jahres-Überlebensrate demgegenüber 89,3 %. Die 15-Jahres-Überlebensrate konnte innerhalb dieser Gruppe nicht aufgezeichnet werden (siehe Tabelle 5.24).

Tabelle 5.24: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Gegenkiefer	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Festsitzend oder natürlich bezahnt	95,7	88,0	81,7
Implantatgetragener Zahnersatz	98,1	90,1	84,8
Kombi-/Hybrid-Zahnersatz	97,2	89,0	61,3
Herausnehmbarer Zahnersatz	92,8	89,3	-

Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand in der Gruppe „festsitzend oder natürlich bezahnt“ erstmals nach 9,4 Jahren statt. In der Gruppe des implantatgetragenen Zahnersatzes wurde dies erstmalig nach 13,3 Jahren erreicht. Der Kombi-/Hybrid-Zahnersatz und herausnehmbare Zahnersatz unterschritt die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit nach 6,6 Jahren beziehungsweise 8,1 Jahren.

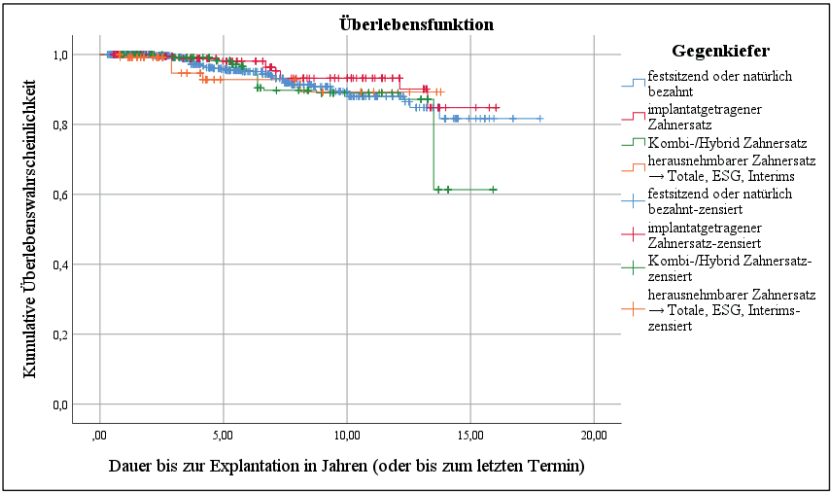

Abbildung 5.23: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

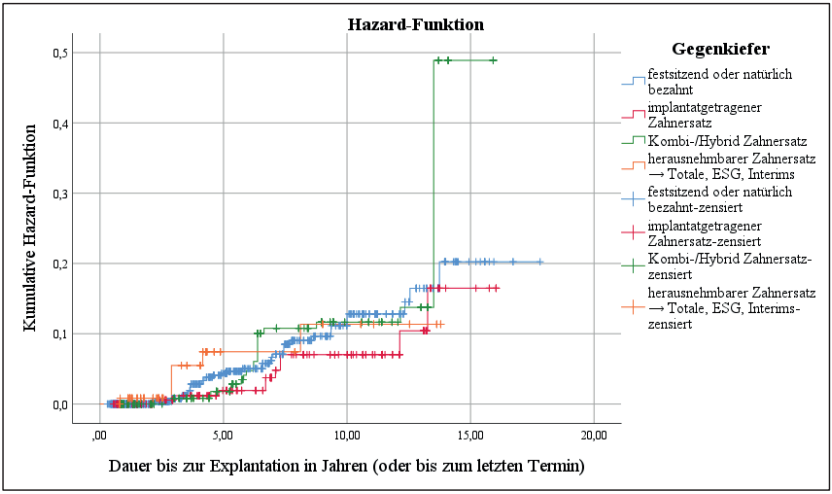

Abbildung 5.24: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.3.7 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Implantatanzahl*

Die Implantatanzahl hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate. Einen genaueren Überblick bietet die anstehende Tabelle 5.25.

Tabelle 5.25: Cox-Regression der Implantate in Abhängigkeit der Implantatanzahl (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Variable	Koeffizient	SE	Signifikanz (p-Wert)	Hazard Ratio	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Implantatanzahl	0,024	0,029	0,404	1,024	0,968	1,083

5.3.8 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Verblockung*

Mithilfe der drei statistischen Testverfahren konnte ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) der Verblockungsart auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate nachgewiesen werden. Insbesondere die primäre Verblockung in Form einer Brücke konnte statistisch höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) im Vergleich zu allen weiteren Verblockungsarten aufzeigen. Die anstehende Tabelle 5.26 beinhaltet alle untersuchten Verblockungsarten im paarweisen Vergleich. Eine graphische Darstellung der Überlebensfunktion und des kumulierten Verlustrisikos der Implantate hinsichtlich der Art ihrer Verblockung bietet die darauffolgende Abbildung 5.25 und 5.26.

Tabelle 5.26: Vergleich des Signifikanzniveaus der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung

Test	Verblockung Referenz	Verblockung Vergleich				
		Nicht verblockt/ einzeln	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	Primäre Verblockung/ Kronenblock	Primäre Verblockung/ Brücke	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung
Log-Rank	Nicht verblockt/einzeln	-	0,442	0,661	**0,000**	**0,037**
	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	0,442	-	0,216	**0,000**	**0,003**
	Primäre Verblockung/ Kronenblock	0,661	0,216	-	**0,000**	**0,021**
	Primäre Verblockung/ Brücke	**0,000**	**0,000**	**0,000**	-	**0,000**
	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	**0,037**	**0,003**	**0,021**	**0,000**	-
Breslow	Nicht verblockt/einzeln	-	0,501	0,241	**0,000**	**0,044**
	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	0,501	-	0,094	**0,000**	**0,008**
	Primäre Verblockung/ Kronenblock	0,241	0,094	-	**0,000**	0,202
	Primäre Verblockung/ Brücke	**0,000**	**0,000**	**0,000**	-	**0,000**
	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	**0,044**	**0,008**	0,202	**0,000**	-
Tarone-Ware	Nicht verblockt/einzeln	-	0,465	0,371	**0,000**	**0,037**
	Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	0,465	-	0,127	**0,000**	**0,005**
	Primäre Verblockung/ Kronenblock	0,371	0,127	-	**0,000**	0,084
	Primäre Verblockung/ Brücke	**0,000**	**0,000**	**0,000**	-	**0,000**
	Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	**0,037**	**0,005**	0,084	**0,000**	-

Unter den 1627 gezählten Implantaten konnten 311 nicht verblockte Einzelzahnimplantate registriert werden. Innerhalb dieser Gruppe traten sechs Explantationen auf. Implantate, die nicht verblockt waren, jedoch ein weiteres Implantat in direkter Nachbarschaft besaßen, zeigten vier Explantationen unter einer Gesamtzahl von 224. Die Gruppen der primären Verblockungen enthielten zum einen die Kronenblöcke mit 415 Implantaten und 14 Explantationen, zum anderen die Brücken mit 109 Implantaten und 18 Explantationen. Die Mehrheit aller Implantate wurde innerhalb der Gruppe der sekundären Verblockung in Form einer Teleskopversorgung mit einer Anzahl von 568 gezählt, wobei 40 dieser im Laufe des Beobachtungszeitraumes explantiert werden mussten. Aus Tabelle 5.27 lässt sich die mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate, der Standard-Fehler und das 95 %-Konfidenzintervall, gegliedert nach Art der Verblockung, entnehmen. Der Median ließ sich ausschließlich innerhalb der Gruppe der primären Verblockung/Brücke mit einem Wert von 13,74 ± 3,65 Jahren ermitteln (95 %- Konfidenzintervall: 6,58 – 20,90 Jahre) und wird daher nicht in Tabelle 5.27 gelistet.

Tabelle 5.27: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Verblockung	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Nicht verblockt/einzeln	311	6	16,718	0,451	15,834	17,602
Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	224	4	16,151	0,279	15,604	16,698
Primäre Verblockung/ Kronenblock	415	14	14,772	0,209	14,362	15,182
Primäre Verblockung/ Brücke	109	18	11,516	0,658	10,226	12,807
Sekundäre Verblockung/ Teleskopversorgung	568	40	14,081	0,259	13,573	14,589

Für die nicht verblockten Einzelzahnimplantate konnte eine 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 98,3 %, 90,7 % beziehungsweise 85,0 % ermittelt werden. Die Gruppe der nicht verblockten Implantate, die ein oder mehrere Implantate in direkter Nachbarschaft besaßen, konnte für die genannten Überlebensraten Werte von 99,2 %, 95,3 % und 91,7 % aufzeigen. Primär verblockte Implantate in Form eines Kronenblockes erreichten eine 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 96,2 %, 92,1 % und 89,0 %. Demgegenüber zeigten primäre Verblockungen in Form einer Brücke für die 5- beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensrate Werte von 82,6 % beziehungsweise 67,8 %. Die 15-Jahres-Überlebensrate betrug innerhalb dieser Verblockungsart 33,9 %. Die 5-Jahres-Überlebensrate der Teleskopversorgungen, die eine sekundäre Verblockung darstellten, belief sich auf 97,3 %, während die 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate Werte von 87,3 % beziehungsweise 64,3 % zeigte (siehe Tabelle 5.28).

Tabelle 5.28: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Verblockung	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Nicht verblockt/einzeln	98,3	90,7	85,0
Nicht verblockt/Implantat in direkter Nachbarschaft	99,2	95,3	91,7
Primäre Verblockung/Kronenblock	96,2	92,1	89,0
Primäre Verblockung/Brücke	82,6	67,8	33,9
Sekundäre Verblockung/Teleskopversorgung	97,3	87,3	64,3

Eine erstmalige Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit wiesen nicht verblockte Einzelzahnimplantate nach 12,5 Jahren auf. Nicht verblockte Implantate, die ein weiteres Implantat in direkter Nachbarschaft besaßen, zeigten keine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit. In der Gruppe der primären Verblockungen unterschritten die Kronenblöcke diese Grenze nach 13,3 Jahren, die Brücken nach 4,1 Jahren. Die Gruppe der sekundären Verblockung in Form von Teleskopversorgungen wiesen einen Zeitrahmen von 6,9 Jahren bis zur Unterschreitung auf. Die 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde lediglich in der Gruppe der primären Verblockungen seitens der Brücken nach 13,7 Jahren unterschritten.

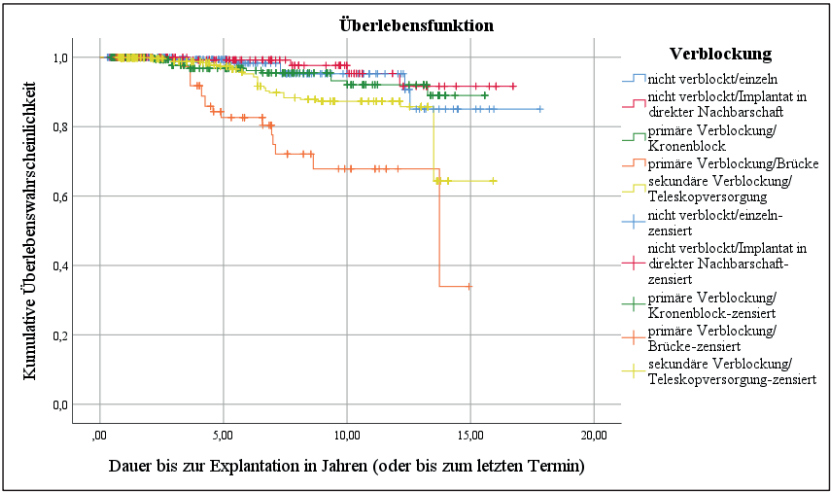

Abbildung 5.25: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Explantation), n = 1627

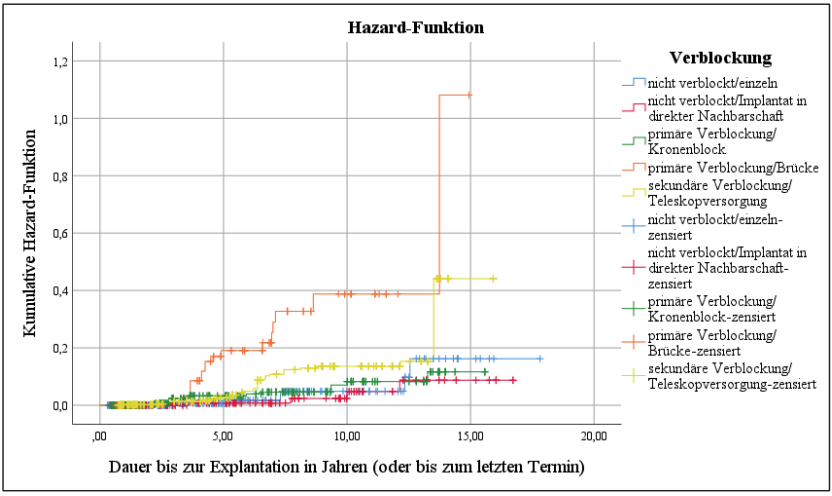

Abbildung 5.26: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.3.9 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung*

Es konnte ein statistisch höchst signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) bezüglich der Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten zwischen Patienten ohne vorangegangenen Tumor im Kopf-Hals-Bereich und Patienten mit Tumorerkrankung und ohne beziehungsweise mit Rekonstruktion ermittelt werden. Zwischen den Patientengruppen mit Tumorerkrankung wurde in Bezug zu einer nachfolgenden chirurgischen Rekonstruktion beziehungsweise dem Verzicht auf diese, kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt ($p > 0,05$). Diese Erkenntnis konnte übereinstimmend aus jedem der drei durchgeführten Testverfahren gewonnen werden. Abbildung 5.27 veranschaulicht die dazugehörige Kaplan-Meier-Kurve, welche die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate bei Patienten ohne beziehungsweise mit Tumorerkrankung darstellt. Abbildung 5.28 bildet demzufolge das kumulierte Verlustrisiko in Form der Hazard-Funktion ab.

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 2003 bis 2023 wurden 1279 Implantate bei gesunden Patienten erfasst. Indes mussten 50 dieser Implantate explantiert werden. Bei Patienten mit einem Tumor im Kopf-Hals-Bereich, die jedoch keine Rekonstruktion erhielten, konnten 128 Implantate mit acht Explantationen gezählt werden. Diejenigen Patienten, bei denen der Ober- beziehungsweise Unterkiefer chirurgisch rekonstruiert wurde, zeigten 220 Implantate mit 24 Explantationen auf. Die nachfolgende Tabelle 5.29 zeigt die mittlere Überlebenszeit, den Standard-Fehler und das 95 %-Konfidenzintervall in Anbetracht der untersuchten Patientengruppen.

Tabelle 5.29: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Tumorerkrankung	**Gesamtzahl (n)**	**Anzahl der Ereignisse**	**Mittelwert**			
			Schätzer	Std.-Fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Pat. ohne Tumor	1279	50	16,358	0,202	15,962	16,753
Pat. mit Tumor aber **ohne** Rekonstruktion	128	8	9,649	0,463	8,741	10,556
Pat. mit Tumor und **mit** Rekonstruktion	220	24	11,541	0,344	10,866	12,216

Implantate bei gesunden Patienten zeigten eine kumulative 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 98,9 %, 92,4 % beziehungsweise 79,1 %. Implantate derjenigen Patienten, die an einem Tumor erkrankt waren und keine chirurgische Rekonstruktion erhielten, erreichten eine 5- beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensrate von 86,7 % beziehungsweise 75,8 %. Mit ergänzender Rekonstruktion konnten analog Werte von 88,1 % beziehungsweise 74,6 % erreicht werden. Eine 15-Jahres-Überlebensrate konnte bei erkrankten nicht aufgezeichnet werden. (siehe Tabelle 5.30).

Tabelle 5.30: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Tumorerkrankung	**5-J-ÜR (%)**	**10-J-ÜR (%)**	**15-J-ÜR (%)**
Pat. ohne Tumor	98,9	92,4	79,1
Pat. mit Tumor aber **ohne** Rekonstruktion	86,7	75,8	-
Pat. mit Tumor und **mit** Rekonstruktion	88,1	74,6	-

Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten, die bei Patienten ohne Tumorerkrankung registriert werden konnten, wurde erstmals nach 13,3 Jahren unterschritten. Implantate der Patienten mit Tumorerkrankung jedoch ohne Rekonstruktion zeigten eine Unterschreitung dieser bereits nach 3,7 Jahren. Demgegenüber wurde mit einer Rekonstruktion ein zeitlicher Rahmen von 4,3 Jahren erfasst.

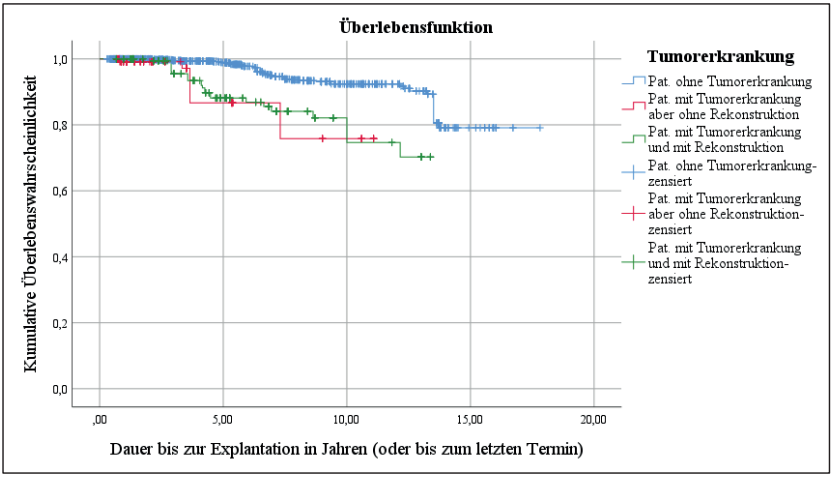

Abbildung 5.27: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Explantation), n = 1627

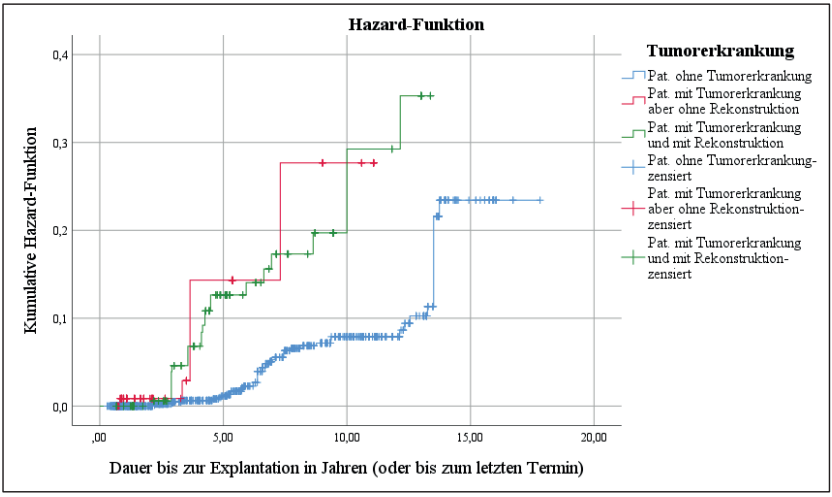

Abbildung 5.28: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Explantation), n = 1627

5.4 Cox-Regression - Implantate

Bei der multifaktoriellen Analyse mittels Cox-Regression (Tabelle 5.31) hatten die Faktoren „Geschlecht“, „Kiefer“, „Lokalisation innerhalb des Kiefers“, „Gegenkiefer“ sowie „Implantatanzahl“ keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0,05$) auf das Zielereignis „Explantation“. Als Referenzkategorien dienten bei dem Patientengeschlecht „männlich“, bei dem Kiefer „Oberkiefer“, bei der Lokalisation innerhalb des Kiefers „Frontzahn-Bereich“ und bei dem Gegenkiefer „festsitzender Zahnersatz oder natürlich bezahnt“ (Tabelle 5.32).

Die Faktoren „Verblockung“ und „Tumorerkrankung“ hatten analog zu den univariaten Vergleichen auch im Cox-Modell einen statistisch höchst signifikanten Einfluss ($p < 0,001$) auf die Dauer bis zur Explantation. Zusätzlich erwies sich in der multifaktoriellen Auswertung der Faktor „Patientenalter“ als signifikanter Einflussgeber.

Bei dem Faktor „Verblockung“ diente als Referenzkategorie „nicht verblocktes Einzelzahnimplantat“. Implantate, die in einen Brückenverbund einbezogen waren, hatten ein 6,7-fach höheres Explantationsrisiko im Vergleich zu Implantaten der Referenzkategorie.

Bei dem Faktor „Tumorerkrankung“ wurde als Referenzkategorie „Patienten ohne Tumorerkrankung“ genutzt. Im Vergleich dazu hatten Implantate bei Patienten mit Tumorerkrankung, aber ohne Rekonstruktion sowie Implantate bei Patienten mit Tumorerkrankung und zusätzlicher Rekonstruktion ein 4,9-fach beziehungsweise 2,6-fach erhöhtes Explantationsrisiko.

Bei dem Faktor „Patientenalter“ sank das Explantationsrisiko um jeweils 2,2 %, wenn das Eingliederungsjahr um ein Jahr erhöht wurde.

Tabelle 5.31: Cox-Regression der Implantate (Zielereignis: Explantation), n = 1627

Variable	Koeffi-zient	SE	Signifikanz (p-Wert)	Hazard Ratio	95 %-Konfidenz-intervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Patientenalter	-0,022	0,010	**0,020**	0,978	0,960	0,997
Geschlecht	0,295	0,244	0,227	1,343	0,832	2,167
Kiefer	0,475	0,263	0,071	1,608	0,961	2,692
Lokalisation innerhalb des Kiefers	-	-	0,357	-	-	-
Lokalisation innerhalb des Kiefers (1)	0,325	0,425	0,444	1,384	0,602	3,182
Lokalisation innerhalb des Kiefers (2)	0,314	0,362	0,386	1,369	0,673	2,782
Lokalisation innerhalb des Kiefers (3)	0,656	0,383	0,087	1,928	0,909	4,087
Gegenkiefer	-	-	0,906	-	-	-
Gegenkiefer (1)	-0,095	0,401	0,056	0,910	0,415	1,996
Gegenkiefer (2)	0,063	0,437	0,020	1,065	0,452	2,508
Gegenkiefer (3)	-0,302	0,591	0,261	0,739	0,232	2,357
Implantatanzahl	-0,029	0,051	0,567	0,971	0,880	1,073
Verblockung	-	-	**0,000**	-	-	-
Verblockung (1)	-0,356	0,658	0,589	0,701	0,193	2,546
Verblockung (2)	0,271	0,512	0,596	1,312	0,481	3,581
Verblockung (3)	1,905	0,503	**0,000**	6,722	2,510	18,003
Verblockung (4)	1,030	0,583	0,077	2,801	0,893	8,786
Tumorerkrankung	-	-	**0,000**	-	-	-
Tumorerkrankung (1)	1,595	0,445	**0,000**	4,931	2,060	11,799
Tumorerkrankung (2)	0,968	0,283	**0,001**	2,632	1,512	4,580

Tabelle 5.32: Codierung der Variablen im Cox-Modell (0 = Referenzkategorie, 1 = Testvariable)

Variable		Häu-figkeit	(1)	(2)	(3)	(4)
Geschlecht	0 = männlich	825	0	-	-	-
	1 = weiblich	802	1	-	-	-
Kiefer	0 = Oberkiefer	773	0	-	-	-
	1 = Unterkiefer	854	1	-	-	-
Lokalisation innerhalb des Kiefers	0 = Frontzahn-Bereich	331	0	0	0	-
	1 = Eckzahn-Bereich	182	1	0	0	-
	2 = Prämolaren-Bereich	600	0	1	0	-
	3 = Molaren-Bereich	514	0	0	1	-
Gegenkiefer	0 = festsitzend oder natürlich bezahnt	893	0	0	0	-
	1 = implantatgetragener Zahnersatz	242	1	0	0	-
	2 = Kombi-/Hybrid-Zahnersatz	361	0	1	0	-
	3 = herausnehmbarer Zahnersatz	131	0	0	1	-
Verblockung	0 = nicht verblockt/einzeln	311	0	0	0	0
	1 = nicht verblockt/Impl. in direkter Nachbarschaft	224	1	0	0	0
	2 = primäre Verblockung/Kronenblock	415	0	1	0	0
	3 = primäre Verblockung/Brücke	109	0	0	1	0
	4 = sekundäre Verblockung/Teleskopversorgung	568	0	0	0	1
Tumor-erkrankung	0 = Pat. ohne Tumorerkrankung	1279	0	0	-	-
	1 = Pat. mit Tumorerkrankung ohne Rekonstruk-	128	1	0	-	-
	2 = Pat. mit Tumorerkrankung mit Rekonstruktion	220	0	1	-	-

5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Nachstehend werden die wichtigsten Ergebnisse der vorliegenden Studie zusammengefasst:

Mithilfe der Überlebenszeitanalyse konnte für die Suprakonstruktionen auf Implantaten eine mittlere Überlebenszeit von 14,64 ± 0,24 Jahren bis zum Funktionsverlust festgestellt werden. Die 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate betrug 93,1 %, 84,3 % beziehungsweise 67,6 %. Insgesamt wurden von 1665 beobachteten Suprakonstruktionen 120 funktionsuntüchtig.

In Bezug auf das Zielereignis „Funktionsverlust“ zeigte sich ein statistisch höchst signifikanter Einfluss ($p < 0,001$) des Patientenalters auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen. Mit steigendem Alter der Patienten bei Eingliederung der Konstruktionen sank das Funktionsverlustrisiko um 2,4 % pro Jahr. Hinsichtlich des modellierenden Faktors „Patientengeschlecht“ ergab sich innerhalb des Log-Rank-Testes ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$). Dabei hatten Suprakonstruktionen bei Männern höhere Überlebensraten im Vergleich zu Frauen. Der Breslow- sowie Tarone-Ware-Test konnte keinen statistisch signifikanten Einfluss diesbezüglich aufzeigen ($p > 0,05$). Weiterhin zeigte sich übereinstimmend in allen drei Testverfahren ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) des untersuchten Kriteriums „Kiefer“. Suprakonstruktionen des Oberkiefers wiesen eine höhere Überlebenswahrscheinlichkeit auf als jene des Unterkiefers. Ebenso erwies sich der Faktor „Verblockung“ in jedem der drei statistischen Tests als statistisch signifikanter Einflussgeber ($p < 0,05$) bezüglich der Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen. Insbesondere die primäre Verblockung in Form einer Brücke zeichnete sich mit einem statistisch höchst signifikanten Einfluss ($p < 0,001$) ab, was mit einer deutlich reduzierten Überlebenswahrscheinlichkeit korrelierte. Ebenfalls ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit implantatgetragener Suprakonstruktionen zwischen Patienten ohne vorangegangenen Tumor im Kopf-Hals-Bereich und Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung jedoch ohne chirurgische Rekonstruktion. Zwischen Patienten ohne vorherige Tumorerkrankung und Patienten mit Tumorerkrankung und ergänzender chirurgischer Rekonstruktion mittels Fibula- oder Beckenkammtransplantat war der Unterschied höchst signifikant ($p < 0,001$). Alle weiteren untersuchten Faktoren zeigten keinen signifikanten Einfluss innerhalb der univariaten statistischen Testverfahren.

Mithilfe der Cox-Regression ließen sich in der multifaktoriellen Überlebenszeitanalyse der Suprakonstruktionen folgende Signifikanzen beobachten ($p < 0,05$): das Funktionsverlustrisiko sank um jeweils 3,7 %, wenn das Eingliederungsjahr um ein Jahr erhöht wurde; Suprakonstruktionen des Molaren-Bereiches hatten ein gut doppelt so hohes Funktionsverlustrisiko als jene des Frontzahn-Bereiches; Suprakonstruktionen, die ein Implantat in direkter Nachbarschaft besaßen, hatten ein 2,7-fach erhöhtes Funktionsverlustrisiko als nicht verblockte Einzelzahnimplantate und primär verblockte Suprakonstruktionen in Form einer Brücke ein sogar 5,4-fach höheres; Patienten mit Tumorerkrankung zeigten ohne Rekonstruktion ein 3,2-fach und mit Rekonstruktion ein 2,4-fach erhöhtes Risiko für einen Funktionsverlust auf.

Im zweiten Ergebnisteil der vorliegenden Untersuchung zeigten Implantate eine mittlere Überlebenszeit von $15,98 \pm 0,20$ Jahren. Es konnte eine 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensrate von 96,6 %, 89,4 % beziehungsweise 76,3 % registriert werden. In der Gesamtheit von 1627 untersuchten Implantaten mussten 82 explantiert werden. Häufigster Grund war hierbei das Krankheitsbild einer Periimplantitis.

Bezüglich des Zielereignisses „Explantation“ zeigte sich im Log-Rank-Test ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) des Kiefers auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate. Sowohl der Breslow- als auch Tarone-Ware-Test wiesen statistisch höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$) in Bezug zu der Lokalisation eines Implantates im Ober- beziehungsweise Unterkiefer auf. Implantate im Oberkiefer zeigten dabei höhere Überlebensraten. Weiter konnte in allen drei Testverfahren übereinstimmend aufgezeigt werden, dass die Verblockungsart einen statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate hatte. Im Speziellen erwies sich die primäre Verblockung in Form einer Brücke als statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$). So offenbarte sich die Überlebenswahrscheinlichkeit derjenigen Implantate, die in einen Brückenverbund miteinbezogen wurden, als deutlich reduziert. Übereinstimmende Ergebnisse zeigten die statistischen Testverfahren bezüglich des modellieren Faktors „Tumorerkrankung“. Die Unterscheidung zwischen gesunden und erkrankten Patienten erwies sich hierbei als statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$). Alle weiteren einbezogenen Faktoren zeigten im Gruppenvergleich keine statistische Signifikanz ($p > 0,05$).

In der multifaktoriellen Überlebenszeitanalyse der dentalen Implantate konnten folgende Signifikanzen mittels Cox-Regression registriert werden: Das Funktionsverlustrisiko

sank um jeweils 2,2 %, wenn das Eingliederungsjahr um ein Jahr erhöht wurde; Implantate, die in einen Brückenverbund einbezogen waren, zeigten ein 6,7-fach höheres Explantationsrisiko als die Referenzkategorie eines nicht verblockten Einzelzahnimplantates; Patienten mit Tumorerkrankung und anschließender Rekonstruktion hatten ein 2,6-fach und ohne Rekonstruktion ein sogar 4,9-fach erhöhtes Explantationsrisiko zu beklagen.

6 Diskussion

6.1 Methodendiskussion

Die vorliegende retrospektive Longitudinalstudie befasste sich mit der Untersuchung der Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate und ihrer Suprakonstruktionen bis zum Auftreten eines definierten Zielereignisses innerhalb des Beobachtungszeitraumes von 20 Jahren (2003 bis 2023). Hierbei wurde die Bedeutung differentieller zahnärztlicher Parameter in die Gesamtbetrachtung miteinbezogen und eruiert. Insbesondere die Gewichtung der Verblockung der Restaurationen auf Implantaten wurde nähergehend betrachtet, da dieser Faktor in der zahnmedizinischen Forschung bisher nur vereinzelt für implantatgetragene Suprakonstruktionen und Implantate separat untersucht wurde. Zudem erfolgte eine Analyse hinsichtlich des Vorkommens biologischer sowie technischer Komplikationen.

Insgesamt konnte ein Patientenkollektiv von 469 Patienten mit 1665 für die Überlebenszeitanalyse geeigneten Suprakonstruktionen auf 1627 Implantaten, die in der Abteilung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK) der Justus-Liebig-Universität Gießen versorgt wurden, in die Studie miteinbezogen werden.

Ursprünglich standen 1821 Suprakonstruktionen zur Auswertung zur Verfügung. Aufgrund der im Vorhinein definierten Ausschlusskriterien (hybridverankerte Teleskopprothesen, Hybrid-Brücken, Stegversorgungen, Locatorprothesen, nicht versorgte Implantate), konnten jedoch 156 Fälle nicht in die Studie miteinbezogen werden. Um die im Vordergrund stehende Analyse der Verblockungsart möglichst unverfälscht beurteilen zu können, führten alio loco eingegliederte Suprakonstruktionen ebenfalls zum Ausschluss. Demgegenüber wurden in externen Praxen inserierte Implantate mit in die Studie aufgenommen, sofern der Verlaufsdokumentation ein genaues Implantationsdatum zu entnehmen war. Andere Autoren zeigten diese Ausschlusskriterien nicht auf und zogen unter anderem hybridverankerte Teleskopprothesen in ihre Analyse mit ein, was die Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Untersuchung erschwerte.[108, 198, 300]

Im Rahmen dieser Arbeit wurde jede Suprakonstruktion beziehungsweise jedes Implantat als eigener Fall betrachtet, sodass sowohl einzelne Patienten als auch einzelne Implantate

zugleich mehrfach in die Datenerhebung einbezogen wurden. Der Grund hierfür lag darin, dass auf denselben Implantaten in 120 Fällen eine neue Suprakonstruktion angefertigt wurde, die Implantate jedoch weiterhin in situ verblieben. Hierbei kam es in 82 Fällen in Folge einer notwendigen Explantation der Implantate ebenfalls zu einem Verlust der Suprakonstruktionen. Dies lässt die vorliegende Differenz von 38 zwischen der Anzahl der Suprakonstruktionen und Anzahl der Implantate begründen. *Bernard et al., Bouhy et al.* sowie *Mo et al.* dokumentierten hingegen die Überlebensraten des implantatgetragenen Zahnersatzes sowie der dentalen Implantate ausschließlich im Ober- beziehungsweise Unterkiefer. Dabei betrachteten sie lediglich eine Restauration pro Patienten, sodass die Zensierungsrate folglich reduziert wurde.[44, 52, 250]

Mithilfe retrospektiver Longitudinalstudien lassen sich zu verschiedenen Messzeitpunkten empirische Untersuchungen durchführen, anhand denen sich wiederum die zeitlichen Entwicklungen darstellen lassen.[185] Das zunehmende Interesse der Patienten, zahnlose Kieferabschnitte mit implantatgetragenem und möglichst festsitzendem Zahnersatz zu versorgen, verdeutlicht die Relevanz der Überlebenszeitanalysen hinsichtlich einer prognostischen Beurteilung der Erfolgsraten sowie der klinischen Bewährung.[4, 81] Die Überlebenszeit umfasst hierbei den Zeitraum zwischen zwei zuvor definierten Zielereignissen.[329, 419] In der vorliegenden Arbeit wurde als Zielvariable der vollständige Funktionsverlust der implantatgetragenen Suprakonstruktionen beziehungsweise das Vorkommnis einer Explantation eines Implantates unter Berücksichtigung der jeweiligen Ursachen festgelegt. Im Falle des Nichtauftretens eines Zielereignisses während des gesamten Beobachtungszeitraumes wurde eine Zensierung des Beobachtungsintervalls gewählt. Ferner sollte beachtet werden, dass eine Vielzahl an Autoren die Überlebenswahrscheinlichkeit sowohl des implantatgetragenen Zahnersatzes und der Implantate zusammen betrachtet und demzufolge nicht zwischen einer Suprakonstruktion sowie einem dentalen Implantat im Einzelnen unterschieden wurde. Aus diesem Grund konnte nur teilweise eine differentielle Betrachtung in Bezug auf die analysierten Parameter stattfinden.[3, 84, 101]

Zur statistischen Auswertung der ermittelten Überlebenszeiten bediente sich die vorliegende Studie an der Kaplan-Meier-Analyse. Diese ermöglicht die graphische, stufenförmige Darstellung der kumulativen Überlebenswahrscheinlichkeiten und gilt als renommierte Methode zur nichtparametrischen Schätzung der Überlebensrate, insbesondere in der (zahn-)medizinischen Forschung.[145, 329, 419] Die Überlebensfunktion gibt daher

an, inwieweit das Zielereignis (Funktionsverlust beziehungsweise Explantation) noch nicht eingetreten war. Auch *Andersson et al.* sowie *Rehmann et al.* zogen diese Überlebensanalyse im Rahmen ihrer Untersuchung heran.[13, 306] Alternative statistische Auswertungsmethoden, wie die Life-Table-Methode,[167, 200] die Quotientenbildung[320, 379] oder die deskriptive Statistik[18, 190] fanden ebenfalls in multiplen Studien Anwendung. Aufgrund der Vielfalt der in der Literatur angewandten statistischen Verfahren lassen sich die dargelegten Ergebnisse nur bedingt gegenüberstellen. Als statistische Methodik wurde die Analyse nach Kaplan-Meier gewählt, um die variierenden Beobachtungszeiträume der einbezogenen Patienten gegenüberstellen und auswerten zu können. Anhand der multifaktoriellen Analyse mittels Cox-Regression ließ sich zusätzlich die Überlebenszeit auch unter Anbetracht des simultanen Einflusses mehrerer patientenspezifischer Parameter ermitteln.

Im Rahmen der Untersuchung der Probanden mit implantatgetragenem Zahnersatz konnte lediglich in 120 Fällen das Zielereignis „Funktionsverlust" sowie in 82 Fällen das Zielereignis „Explantation" beobachtet werden. Deckungsgleiche Ergebnisse mit niedrigen Komplikationsraten und hoher Langlebigkeit ließen sich auch in der vorliegenden Literatur feststellen und konnten demnach als vorteilhafte Charakteristika eines festsitzenden implantatgetragenen Zahnersatzes benannt werden.[5, 18, 49, 98, 178, 179, 248, 258, 314] Trotz der augenscheinlich als sehr gut zu bewertenden Ergebnisse, ist die methodische Interpretation aufgrund der geringen Fallanzahl in Bezug auf die Stichprobengröße insgesamt dennoch erschwert. Die Wahrscheinlichkeit eines Zufallsbefundes ist hierbei erhöht. In Folge der hohen Zensierungsrate war die Ermittlung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit und somit des Medianwertes, der sich eher unempfindlich gegenüber Extremwerten verhält, bei der Mehrheit der einbezogenen Parameter nicht möglich. Da demzufolge keine valide Aussage hinsichtlich der realen medianen Überlebensdauer getroffen werden konnte, bediente sich die vorliegende Studie an dem arithmetischen Mittel der Überlebenszeit.

Im Gegensatz zu anderen retrospektiven Studien, die die Auswertung der Patientenakte anhand nicht standardisierter Dokumentationsprogramme durchführten, wurde in der vorliegenden Studie das zentrumseigene EDV-gestützte Dokumentationsprogramm Multizentrische Dokumentation (MZD) für eine einheitliche Erfassung aller relevanter patientenspezifischer Daten hinzugezogen. Im Rahmen der halbjährlichen Kontrolluntersuchungen erfolgte die Verlaufsdokumentation hierbei nach einem einheitlichen

Leitfaden, wodurch mitunter die Erfassung technischer beziehungsweise biologischer Komplikationen bei einem Patientenkollektiv von 469 Probanden über einen Beobachtungszeitraum von 20 Jahren erleichtert war. Mit einem Patientenkollektiv zwischen 50 und 500 Probanden in vergleichbaren Studien, ist die vorliegende Arbeit in Hinblick auf die Anzahl der eingeschlossenen Patienten im oberen Drittel einzuordnen und lässt demnach die Erwartung einer relativ hohen statistischen Trennschärfe zu.[173, 181, 200, 280, 302, 316]

Zur Sicherstellung eines einheitlichen Untersuchungskonvolutes erfolgte die Durchführung der notwendigen Behandlungsmaßnahmen zur definitiven Eingliederung des implantatgetragenen Zahnersatzes ausschließlich durch approbierte Zahnärzte aus der Abteilung der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK) der Justus-Liebig-Universität Gießen. Die Anfertigung des Zahnersatzes fand nach standardisierten Prozessen in zahntechnischen Laboren statt, um das Auftreten potentieller Ungenauigkeiten möglichst zu minimieren. Diese Faktoren garantierten einen kommensurablen Nutzen der erhobenen Patientendaten sowie eine vergleichsweise hohe statistische Evidenz hinsichtlich der Überlebenszeitanalyse.

Unbeachtet blieb in der vorliegenden Arbeit die Erfassung des allgemeinanamnestischen Befundes der Patienten, der ebenfalls eine maßgebende Rolle bei der Entscheidung für oder gegen eine Implantation darstellt. Sowohl Patienten mit Diabetes mellitus,[68, 252, 327, 345] Knochenstoffwechsel- und Wundheilungsstörungen,[68, 74, 327] Erkrankungen des Parodontiums[63, 90, 98, 118, 205, 243, 252, 327] als auch Patienten mit Nikotinabusus[25, 63, 68, 74, 98, 127, 205, 252, 309, 345] sowie ungenügender Mundhygiene[25, 68, 90, 96, 114, 205, 331] weisen laut berücksichtigter Literatur ein erhöhtes Risiko für Komplikationen nach Implantatinsertion auf. Eine ebenso hohe Relevanz hinsichtlich der Überlebensrate dentaler Implantate besitzt die Qualität beziehungsweise Dichte des umgebenden Kieferknochens.[63, 68, 74, 327, 330, 345] In zukünftigen Studien ist demnach über die Berücksichtigung der genannten Parameter - auch im Rahmen einer interdisziplinären Betreuung - nachzudenken.

6.2 Ergebnisdiskussion

6.2.1 *Überlebenswahrscheinlichkeit von implantatgetragenen Suprakonstruktionen*

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte eine mittlere Überlebenszeit aller untersuchten Suprakonstruktionen bis zum Funktionsverlust von 14,64 ± 0,24 Jahren (95 %-Konfidenzintervall: 14,16 - 15,12 Jahre) ermittelt werden. Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate aller Suprakonstruktionen betrug 93,1 %. Nach zehn Jahren wurde eine Überlebensrate von 84,3 % festgestellt, während sich die 15-Jahres-Überlebensrate auf 67,6 % belief.

Die Angaben bezüglich der Überlebenszeit festsitzender implantatgetragener Suprakonstruktionen aus der aktuellen Fachliteratur zeigten für die 5-Jahres-Überlebensrate Werte zwischen 70 % und 100 %. Die 10-Jahres-Überlebensrate lag zwischen 66,2 % und 100 %. Für die Überlebensrate nach 15 Jahren ergaben sich Werte von 77 % bis 100 %. Bezüglich der Funktionsdauer herausnehmbarer implantatgetragener Restaurationen konnten aus der bestehenden Literatur ähnliche Werte dokumentiert werden.

Die Ergebnisse hinsichtlich der 5- als auch 10-Jahres-Überlebensrate implantatgetragener Suprakonstruktionen aus der vorliegenden Arbeit lassen sich größtenteils im Mittel des Spektrums der verwendeten Fachliteratur einordnen. Diese umfasste sowohl Studien mit niedrigeren Überlebensraten[120, 128, 142, 184, 253, 331, 399] als auch solche mit höheren Werten bis zum Funktionsverlust[157, 291, 302, 362] für implantatgetragene Restaurationen. Die dokumentierte 15-Jahres-Überlebensrate fiel innerhalb der eigenen Forschungsergebnisse im Vergleich etwas geringer aus.[13, 80, 165-167]

Vergleichbare Ergebnisse in Hinblick auf das statistische Analyseverfahren mittels Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier beschrieben *Rammelsberg et al.* im Rahmen ihrer Studie. Die Studie umfasste ein Patientenkollektiv von 404 Patienten und 652 implantatgetragene Einzelzahnkronen. Nach *Rammelsberg et al.* zeigten sich für die 5- beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensraten Werte von 96 % beziehungsweise 92 %.[302] Die gegenüber der vorliegenden Arbeit höheren Überlebensraten lassen sich möglicherweise durch die Art der prothetischen Versorgung erklären, die innerhalb der Untersuchung berücksichtigt wurden. Während die eigenen Forschungsergebnisse sowohl festsitzende implantatgetragene Suprakonstruktionen in Form von Einzelzahnkronen, (un-)verblockten Kronen und Brücken als auch herausnehmbaren implantatgetragenen

Zahnersatz inkludierten, so beschränkten sich *Rammelsberg et al.* lediglich auf implantatgetragene Einzelzahnkronen.[302] Vergleichbare Werte bezüglich der erhobenen Überlebensraten implantatgetragenen Zahnersatzes bietet die von *Pjetursson et al.* durchgeführte Metaanalyse. Im Rahmen dieser konnte für 465 untersuchte Einzelzahnkronen auf Implantaten eine 5-Jahres-Überlebensrate von 94,5 % und eine 10-Jahres-Überlebensrate von 89,4 % notiert werden.[286] Innerhalb der vorliegenden Arbeit konnten entsprechend Überlebensraten von 95,9 % nach fünf Jahren beziehungsweise 86,7 % nach zehn Jahren für Suprakonstruktionen auf Einzelzahnimplantaten erhoben werden. Die genannten Werte zeigen demnach nur geringfügige Abweichungen voneinander.

6.2.2 *Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten*

Angesichts der mittleren Überlebenszeit aller untersuchten Implantate wurde ein Wert von 15,98 ± 0,20 Jahren (95 %-Konfidenzintervall: 15,58 - 16,37 Jahre) ermittelt. Die kumulative 5- beziehungsweise 10-Jahres-Überlebensrate der Implantate belief sich auf 96,6 % beziehungsweise 89,4 %. Nach einem Beobachtungsintervall von 15 Jahren konnte eine Überlebensrate von 76,3 % beschrieben werden.

Die wissenschaftliche Literatur gab für Implantate unter festsitzendem Zahnersatz indessen 5-Jahres-Überlebensraten zwischen 60,8 % und 100 % sowie 10-Jahres-Überlebensraten von 71 % bis 100 % an. Die Werte für 15 Jahre lagen zwischen 91,6 % und 100 %. Unter herausnehmbarem Zahnersatz erreichten die in der Literatur dokumentierten Implantate teilweise geringere Werte gegenüber den Implantaten unter festsitzenden Versorgungen.

Die Werte für die 5- und 10-Jahres-Überlebensraten der Implantate der eigenen Forschung lassen sich zum Großteil im Mittel der einbezogenen Literaturquellen verorten. Hierbei zeigten sich zum einen Studien mit geringeren Überlebensraten[29, 51, 120, 121, 226, 283, 378] und zum anderen auch solche mit höheren Werten[8, 45, 101, 125, 205, 291, 310, 412] für die Implantatüberlebensraten. In Gegenüberstellung wurde für die 15-Jahres-Überlebensrate innerhalb der eigenen Untersuchung ein etwas geringerer Wert erfasst.[80, 166, 167, 307, 380]

Die Studie von *Filius et al.* konnte ähnliche Implantatüberlebensraten von 95,7 % nach fünf Jahren und 89,2 % nach zehn Jahren ermitteln. Zur statistischen Analyse bediente sich die Arbeit von *Filius et al.* ebenfalls der Kaplan-Meier-Methode. Kritisch zu

betrachten ist hierbei jedoch das untersuchte Patientenkollektiv, das zum einen eine geringere Anzahl an Probanden inkludierte (n = 126) und zum anderen lediglich Patienten mit Oligodontie in die Untersuchung miteinbezog.[120] Eine hinsichtlich des Patientenkollektivs gut vergleichbare Arbeit stellt die Studie von *Rammelsberg et al.* dar. Diese umfasste 630 Patienten mit 1569 Implantaten, die sowohl mit festsitzendem (n = 1151) als auch herausnehmbarem implantatgetragenem Zahnersatz (n = 418) versorgt wurden. Die Überlebensrate der Implantate betrug nach fünf Jahren 98,2 % und fiel demzufolge lediglich 1,6 % höher aus als innerhalb der eigenen Forschungsarbeit.[301] Ein möglicher positiv beeinflussender Faktor könnte hierbei die überwiegende Verwendung von Tissue-Level Implantaten sein,[301] während die vorliegende Studie keine Unterscheidung hinsichtlich des Implantatsystems vornahm. Eine gute Vergleichbarkeit bietet auch die Studie von *Mangano et al.*, die 1494 Implantate bei 642 Patienten betrachtete und eine 10-Jahres-Überlebensrate von 98,7 % für Implantate dokumentieren konnte.[237] Die im Vergleich höhere 10-Jahres-Überlebensrate lässt sich womöglich durch die Betrachtung unterschiedlicher prothetischer Versorgungen innerhalb der beiden Studien erklären. Im Rahmen der Arbeit von *Mangano et al.* wurden demnach lediglich Implantate unter festsitzenden Suprakonstruktionen betrachtet, wohingegen die vorliegende Studie auch herausnehmbare implantatgetragene Konstruktionen in die Analyse inkludierte. Wie in Kapitel 3.2.1 sowie 3.2.2 beschrieben, lassen sich der Literatur im Allgemeinen vergleichsweise höhere Überlebensraten für festsitzenden gegenüber herausnehmbaren implantatgetragenen Zahnersatz entnehmen.

6.2.3 *Gründe für einen Funktionsverlust beziehungsweise eine Explantation*

Während des Beobachtungszeitraumes verloren 120 der insgesamt 1665 betrachteten Suprakonstruktionen ihre Funktion. Der Großteil aller funktionsuntüchtig gewordenen Suprakonstruktionen (n = 82) wurde durch das Ereignis einer Explantation des jeweiligen tragenden Implantates verursacht. Eine ungenügende Retention führte in 13 Fällen zu einer notwendigen Erneuerungsmaßnahme. Folgende weitere Gründe für einen Funktionsverlust wurden beobachtet: Verblendungsfraktur, prothetische Neu- oder Umplanung, Lockerung beziehungsweise Fraktur der Abutmentschraube und Implantatfraktur.

Hinsichtlich der Implantate wurden im Rahmen der eigenen Studie 82 Explantationen unter 1627 untersuchten Implantaten registriert. Der häufigste Explantationsgrund war hierbei das Krankheitsbild einer Periimplantitis. Weitere Komplikationen, die zu einer notwendigen Explantation führten, waren zudem: periimplantärer Knochenabbau, Tumorrezidiv (Kiefer-Teilresektion), Implantatfraktur, Schmerzen beziehungsweise Sensibilitätsstörungen sowie mangelhafte Osseointegration.

Die aus der aktuellen Literatur hervorgehenden Gründe für einen Funktionsverlust beziehungsweise eine Explantation wurden durch die Autoren oftmals in technische und biologische Komplikationen kategorisiert.[33, 69, 297, 379] Zahlenmäßig überlegen waren hierbei insbesondere diejenigen technischer Natur.[33, 69, 297] Dazu zählen entsprechend der eigenen Untersuchung Lockerungen beziehungsweise Frakturen der Abutmentschraube, Verblendungsfrakturen, Dezementierungen beziehungsweise Retentionsverluste sowie Implantatfrakturen.[5, 24, 27, 54, 56, 136, 170, 178, 179, 196, 286, 289, 377] Der Großteil der biologischen Komplikationen ergibt sich aus der periimplantären Gingivitis sowie der Periimplantitis.[5, 54, 56, 178, 179, 286, 288, 289, 344, 413] Auch eine mangelhafte Osseointegration des Implantates und ein periimplantärer Knochenabbau konnte in der berücksichtigten Literatur beobachtet werden.[216, 335, 344, 377, 413] Somit ergaben sich sowohl im Rahmen der eigenen Studie als auch in der vorliegenden Literatur analoge Komplikationen, die einen entscheidenden Einfluss auf die Überlebensrate der Implantate und prothetischen Versorgung nehmen können. *Papaspyridakos et al.* berichteten in ihrer Metaanalyse zusätzlich über das Vorliegen einer Gingivahyperplasie als möglichen Komplikationsfaktor. Nach fünf Jahren Beobachtungszeit zeigte sich diese Form der Gingivopathie bei 13 % des untersuchten Patientenkollektivs, während der Wert nach zehn Jahren auf 26 % anstieg.[279] Zusätzlich gaben einige Autoren die Überlebensrate beeinflussende Risikofaktoren an. Darunter fallen insbesondere Nikotinabusus, mangelhafte Mundhygiene, Parodontitis aber auch allgemeinanamnestische Auffälligkeiten wie Diabetes mellitus, Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems und Infektionen.[63, 68, 205] Die genannten Parameter wurden im Rahmen der eigenen Untersuchung nicht in die Überlebenszeitanalyse miteinbezogen. In zukünftigen Studien wäre die Berücksichtigung möglicher Risikofaktoren - beispielsweise auch zur Aufnahme der betroffenen Patienten in interdisziplinäre Betreuungsprogramme - sicherlich von Interesse. Des Weiteren wurden die in Kapitel 3.2 aufgeführten Komplikationen von implantatgetragenem Zahnersatz und Implantaten in einer Vielzahl von Studien in festsitzenden und herausnehmbaren implantatgetragenen

Zahnersatz unterteilt. Im Rahmen der eigenen Studie fand eine allgemeine Betrachtung aller dokumentierten Komplikationen statt. Die in der Literatur genannten technischen Komplikationen von herausnehmbarem implantatgetragenem Zahnersatz, wie beispielsweise Verblendungsfrakturen, Verschleiß der Prothesenzähne beziehungsweise -basis, Retentionsverluste der Sekundärkonstruktion sowie Frakturen der Verankerungselemente beziehungsweise Prothesenbasis traten innerhalb der eigenen Untersuchung demnach nicht auf.[18, 25, 106, 111, 133, 148, 177, 186, 197, 201, 203, 204, 296, 307, 378, 393, 413]

6.2.4 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters*

Hinsichtlich des Patientenalters zeigte sich in Bezug auf die implantatgetragenen Suprakonstruktionen im Rahmen der eigenen Untersuchung ein statistisch höchst signifikanter Einfluss ($p < 0{,}001$) auf die Dauer bis zum Funktionsverlust. Das Funktionsverlustrisiko sank um 2,4 % pro Jahr mit steigendem Patientenalter. Das mittlere Patientenalter betrug bei Eingliederung der Suprakonstruktionen 52,26 ± 15,92 Jahre.

Die aus der aktuellen Literatur ermittelten Ergebnisse widersprechen dieser Aussage teils, wobei der Großteil an Autoren in diesem Zusammenhang keine Unterscheidung zwischen singulärer Suprakonstruktion und dentalem Implantat vornahm.[79, 235, 352] Eine Differenzierung dessen konnte lediglich in der Studie von *Capparè et al.* aus dem Jahr 2023 vernommen werden. Diese kam zu dem Ergebnis, dass weder die Implantat- noch Prothesenverlustrate in einem statistisch signifikanten Zusammenhang ($p > 0{,}05$) mit dem Patientenalter stehen.[66] Einen wesentlichen Unterschied zwischen den eigenen Ergebnissen und denen von *Capparè et al.* stellt jedoch das Alter des eingeschlossenen Patientenkollektives dar. Dieses liegt in der Studie von *Capparè et al.* zwischen 45 und 60 Jahren (jüngere Gruppe) und über 75 Jahren (ältere Gruppe), wohingegen die vorliegende Arbeit eine umfangreichere Altersspanne von 15,5 Jahre bis 86 Jahre umfasst. Weiterhin betrachteten *Caparrè et al.* innerhalb des Beobachtungszeitraumes von sieben Jahren lediglich 66 Pateinten, die ausschließlich mit „All-on-four"-Unterkieferprothesen versorgt wurden.[66] Im Rahmen der eigenen Aufarbeitung wurde demgegenüber ein umfassenderes Spektrum an herausnehmbarem sowie festsitzendem Zahnersatz inkludiert und ein größeres Patientenkollektiv innerhalb eines längeren Beobachtungszeitraumes miteingeschlossen. Aufgrund dessen lassen sich die vorliegenden Ergebnisse nur bedingt mit der Literatur vergleichen. Der Faktor „Patientenalter"

hatte analog zu den univariaten Vergleichen auch im multifaktoriellen Cox-Modell einen statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Dauer bis zum Funktionsverlust. Als möglicher Grund für das geringere Funktionsverlustrisiko des implantatgetragenen Zahnersatzes mit steigendem Patientenalter könnten die physiologisch geringeren maximalen Kaukräfte bei älteren Patienten und die demzufolge niedrigere Belastung der Suprakonstruktionen genannt werden.

In Hinblick auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate konnte für den Parameter „Patientenalter" hingegen kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) festgestellt werden. Bei Insertion des Implantates waren die Patienten im Mittel $51,54 \pm 15,93$ Jahre alt. Diese Schlussfolgerung steht in Einklang mit denen aus der Literatur hervorgehenden Ergebnissen.[79, 235] Beispielsweise konnte in einer von *Srinivasan et al.* durchgeführten Metaanalyse für Patienten im Alter von über 65 Jahren eine zufriedenstellende 10-Jahres-Implantatüberlebensrate von 91,2 % ermittelt werden.[352] Indessen konnten *Bredberg et al.* einen statistisch signifikanten Zusammenhang ($p < 0,05$) zwischen Patientenalter und periimplantärem marginalen Knochenabbau feststellen, was eine erhöhte Implantatverlustrate herbeiführen könnte.[59] Da die vorliegende Arbeit die Untersuchung des marginalen Alveolarknochens nicht inkludierte, ist eine Vergleichbarkeit nicht möglich. Demgegenüber zeigte sich in der multifaktoriellen Cox-Regression ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) des Alters auf die Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate. Das Explantationsrisiko sank um jeweils 2,2 %, wenn das Eingliederungsjahr um ein Jahr erhöht wurde. Eine diskutable Erklärung für den statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) des Patientenalters auf die Implantatüberlebensrate innerhalb des multifaktoriellen Cox-Modelles könnte die Tatsache sein, dass im Rahmen dieser Analyse alle eingeschlossenen Parameter, so auch die Art des Zahnersatzes, simultan einen Einfluss auf die die Überlebenswahrscheinlichkeit nehmen. Erdenklich wäre hierbei, dass ältere Patienten oftmals eine prothetische Versorgung in Form einer implantatgetragenen Teleskopprothese aufweisen, die eine gleichmäßigere Verteilung auftretender Kräfte ermöglicht und die Stabilität der Implantate folglich unterstützt. Demgegenüber weisen Patienten jüngeren Alters häufiger implantatgetragene Kronen beziehungsweise Brücken auf.

6.2.5 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes*

In der Gesamtheit wurden 835 Suprakonstruktionen mit 37 Funktionsverlusten bei männlichen Patienten und 830 Suprakonstruktionen mit 83 Funktionsverlusten bei weiblichen Probanden gezählt. Die univariate Analyse des Einflusses des Patientengeschlechts auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der implantatgetragenen Suprakonstruktionen zeigte im Rahmen des Breslow- sowie Tarone-Ware-Testes keinen statistisch signifikanten Einfluss (Breslow-Test: $p = 0{,}419$; Tarone-Ware-Test: $p = 0{,}173$). Mithilfe des Log-Rank-Testes konnte indessen ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0{,}05$) der Überlebenswahrscheinlichkeit von Suprakonstruktionen bei männlichen beziehungsweise weiblichen Patienten nachgewiesen werden. Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde innerhalb der männlichen Patientengruppe nach 7,1 Jahren, innerhalb der weiblichen Patientengruppe bereits nach 5,7 Jahren unterschritten. In diesem Zusammenhang sollte die differentielle Wertung der Zielereignisse im Rahmen der einzelnen statistischen Testverfahren betrachtet werden. Demnach sieht der Log-Rank-Test das Risiko innerhalb der definierten Zeitspanne als konstant an und gewichtet alle Ereignisse gleich, wohingegen sowohl innerhalb des Breslow- als auch Tarone-Ware-Testes vor allem die früh auftretenden Ereignisse stärker gewichtet werden. Dies sollte dementsprechend in der Interpretation der diskrepanten Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die aus der retrospektiven klinischen Studie von *Rehmann et al.* hervorgehenden Erkenntnisse zeigten keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p > 0{,}05$) zwischen männlichem und weiblichem Patientenkollektiv hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit implantatgetragenen Zahnersatzes.[306] Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit durchgeführte multifaktorielle Analyse mittels Cox-Regression ergab für den Faktor „Geschlecht“ ebenfalls keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0{,}05$) auf das Zielereignis „Funktionsverlust“. Eine denkbare Argumentation für den statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0{,}05$) des Patientengeschlechtes im Rahmen des Log-Rank-Testes und das schnellere Unterschreiten der 90%igen-Überlebenswahrscheinlichkeit implantatgetragener Suprakonstruktionen innerhalb des weiblichen Patientenkollektivs könnten sowohl die höheren ästhetischen Ansprüche in Folge von Verblendungsfrakturen als auch die generell höheren Anforderungen an Zahnersatz gegenüber männlichen Patienten sein. Unter den weiblichen Probanden konnten 83 Funktionsverluste notiert werden, wovon sich 55 auf die Explantation des jeweiligen Implantates zurückführen ließen. Eine

potenzielle Erklärung für die vermehrten Explantationen könnten in diesem Zusammenhang die Veränderungen der Knochenumbauraten während hormonell bedingter Dekaden darstellen (Schwangerschaft, Klimakterium), die zu einer verminderten Kieferknochendichte führen können.[107, 129, 207, 364] Eine Eruierung der Dekade, in welcher ein vermehrter Funktionsverlust beziehungsweise eine erhöhte Explantationsrate zu verzeichnen ist, wäre für zukünftige Studien interessant.

Hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit von Implantaten wurde für das Kriterium „Geschlecht" kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) anhand der durchgeführten Tests diagnostiziert. Dieses Ergebnis deckt sich mit denen aus der aktuellen Fachliteratur hervorgehenden Feststellungen von *Mangano et al.*, *Zierden et al.* und weiteren Autoren.[70, 79, 219, 235, 411] *Antalainen et al*. konnten einen geringen, jedoch statistisch ebenfalls nicht signifikanten Unterschied in der Geschlechterverteilung hinsichtlich der Implantatverlustrate (3,1 % bei Männern; 2,3 % bei Frauen) aufzeigen.[21] Analoge Ergebnisse ergaben sich auch innerhalb der vorgestellten multifaktoriellen Cox-Analyse ($p > 0,05$) für den Parameter „Geschlecht".

6.2.6 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Kiefers*

Wie in Kapitel 5.1.4 beschrieben, zeigte sich für den Parameter „Kiefer" in allen drei Testmethoden ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit implantatgetragener Suprakonstruktionen. Im Oberkiefer wurden unter 789 Suprakonstruktionen 41 Funktionsverluste gezählt. Im Unterkiefer ließen sich 79 Funktionsverluste unter den insgesamt 876 untersuchten Suprakonstruktionen notieren. Die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen im Oberkiefer wurde mit 90,2 % und im Unterkiefer mit 78,4 % beziffert. Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand im Oberkiefer nach 11,5 Jahren und im Unterkiefer bereits nach 5,3 Jahren statt.

Die Angaben aus der Literatur lassen sich nur teilweise mit den vorliegenden Ergebnissen vereinbaren. *Zierden et al.* verzeichneten in ihren retrospektiven klinischen Studien aus den Jahren 2021 und 2022 keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p > 0,05$) zwischen implantatgetragenem herausnehmbarem und festsitzendem Zahnersatz des Oberbeziehungsweise Unterkiefers.[411, 412] Demgegenüber dokumentierten *Rehmann et al.*

statistisch signifikant höhere Überlebensraten ($p < 0,05$) für implantatgetragenen Zahnersatz des Unterkiefers (62,7 ± 1,9 Monate) verglichen mit dem des Oberkiefers (53,2 ± 2,6 Monate). Die kumulativen 3-Jahres-Überlebensraten betrugen 91,7 % für Suprakonstruktionen des Unterkiefers und 88,5 % für diejenigen des Oberkiefers.[306] Der längere Beobachtungszeitraum sowie die größere Anzahl eingeschlossener Suprakonstruktionen innerhalb der vorliegenden Studie könnten einen potenziellen Grund für die konträren Ergebnisse der Studie von *Rehmann et al.* darstellen. Aus diesem Grund sollten die Ergebnisse unter Anbetracht der bedingten Vergleichbarkeit beider Arbeiten interpretiert werden. Innerhalb der multifaktoriellen Analyse mittels Cox-Regression zeigte der Faktor „Kiefer" keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0,05$) auf das Zielereignis „Funktionsverlust".

In Hinblick auf die Implantatüberlebensrate konnte mittels Log-Rank-Test ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0,05$) und mittels Breslow- beziehungsweise Tarone-Ware Test sogar ein statistisch höchst signifikanter Einfluss ($p < 0,001$) des Parameters „Kiefer" festgestellt werden. Im Oberkiefer wurden unter 773 Implantaten 25 Explantationen, im Unterkiefer unter 854 Implantaten 57 Explantationen gezählt. Für die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate dentaler Implantate konnte im Oberkiefer ein Wert von 95,3 % und im Unterkiefer ein Wert von 84,3 % aufgezeichnet werden. Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate des Oberkiefers wurde nach 13,5 Jahren registriert. Die Implantate des Unterkiefers erreichten diese Grenze bereits nach 6,9 Jahren. Vermehrte Literaturquellen berichteten indessen von höheren Überlebensraten der Implantate des Unterkiefers.[67, 79, 184] *Van der Moolen et al.* begründeten dies insbesondere mit der dichteren und dickeren Kortikalisschicht des Unterkieferknochens.[370] Andere Autoren kamen wiederum zu dem Schluss, dass kein statistisch signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) hinsichtlich der Überlebensrate dentaler Implantate des Ober- beziehungsweise Unterkiefers besteht.[19, 67, 70, 100, 412] Eine denkbare Begründung für die in der vorliegenden Studie ermittelten höheren Überlebenswahrscheinlichkeiten für Implantate des Oberkiefers könnte der Umstand sein, dass im Oberkiefer durchschnittlich mehr Implantate zur Aufnahme einer implantatgetragenen Prothese inseriert werden als im Unterkiefer. Nach der Konsensuskonferenz Implantologie von 2014 lautet die Empfehlung zur Verankerung herausnehmbaren implantatgetragenen Zahnersatzes im Oberkiefer eine Insertion von mindestens sechs und im Unterkiefer von mindestens vier Implantaten durchzuführen.[61]

Weitere Autoren geben einen Zusammenhang zwischen höherer Implantatanzahl und längeren Überlebensraten der implantatgetragenen Prothesen an, wodurch ein Implantatverlust auf Dauer besser kompensiert werden kann.[57, 240, 397] Ein möglicher die Osseointegration der Implantate unterstützender Aspekt könnte auch die vermehrte vaskuläre Versorgung des Oberkiefers gegenüber des Unterkiefers sein. Eine adäquate Perfusion des periimplantären Gewebes trägt sowohl zur Sauerstoff- als auch Nährstoffversorgung bei und ermöglicht zusätzlich den Abtransport von Zelltrümmern nach Implantatinsertion für einen vollständigen Heilungsprozess.[41, 83] Demgegenüber kann eine verminderte Knochen- und Gewebevaskularisierung das Knochenwachstum beeinträchtigen und das Risiko für eine mangelhafte Implantateinheilung erhöhen.[365, 367] Des Weiteren sollte berücksichtigt werden, dass einige Autoren, darunter *Bernard et al., Bouhy et al.* sowie *Mo et al.*, lediglich implantatgetragene Prothesen innerhalb eines Kiefers betrachteten und eine Vergleichbarkeit dadurch nur erschwert möglich ist.[44, 52, 250] Zudem sind die dynamischen Kräfte, die über die jeweilige Suprakonstruktion auf das Implantat einwirken oder durch elastische Verformungen des implantattragenden Kieferknochens entstehen, im Unterkiefer erwiesenermaßen höher als im Oberkiefer.[339] Die multifaktorielle Cox-Analyse zeigte hinsichtlich des Faktors „Kiefer“ demgegenüber keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0,05$) auf das Zielereignis „Explantation“.

6.2.7 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers*

Im Rahmen der durchgeführten Testverfahren konnte für den Parameter „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit des implantatgetragenen Zahnersatzes ermittelt werden. Die größte Gruppe innerhalb der Gesamtheit aller untersuchten Suprakonstruktionen stellte der Prämolaren-Bereich mit 609 Suprakonstruktionen dar, wovon 42 im Laufe ihre Funktion verloren. Der Eckzahn-Bereich war mit 187 Suprakonstruktionen und 17 Funktionsverlusten die kleinste Gruppe. Die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate der Suprakonstruktionen zeigte im Prämolaren-Bereich mit 85,6 % den höchsten Wert. Die analogen Überlebensraten der anderen Kieferabschnitte betrugen in absteigender Reihenfolge 82,5 % für den Frontzahn-Bereich, 82,4 % für den Molaren-Bereich und 77,6 % für den Eckzahn-Bereich.

Korrespondierende Ergebnisse beschrieben *Pjetursson et al.* im Rahmen ihrer Meta-analyse. Anhand der 49 eingeschlossenen und untersuchten Studien konnten sie keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Positionierung der implantatgetragenen Suprakonstruktionen im anterioren beziehungsweise posterioren Kieferbereich in Bezug auf die Überlebens- als auch Komplikationsrate erfassen.[287] Die multifaktorielle Analyse mittels Cox-Regression hingegen ergab im Rahmen der eigenen Untersuchung für den Faktor „Lokalisation innerhalb des Kiefers" und die Referenzkategorie „Frontzahn-Bereich" ein gut doppelt so hohes Funktionsverlustrisiko für Suprakonstruktionen des Molaren-Bereiches. Eine plausible Erklärung hierfür könnten die laut *D'amico et al*. höheren Kaukräfte in den posterioren Regionen der Mundhöhle und die damit einhergehende stärkere Belastung des Zahnersatzes im Molaren-Bereich sein.[89] Ähnliche Erkenntnisse beschrieben auch *Shinogaya et al*. in ihrer Studie.[342] Zudem ist zu beachten, dass die Interpretation der Cox-Analyse unter Anbetracht weiterer beeinflussender Parameter, wie beispielsweise der Art des Zahnersatzes und dessen Häufigkeitsverteilung, erfolgen sollte. Gegenüber dem anterioren Kieferabschnitt könnte das höhere Funktionsverlustrisiko für Suprakonstruktionen im Molaren-Bereich demzufolge mit der häufiger vorkommenden Eingliederung von risikoreicheren Brückenversorgungen in diesem Kieferabschnitt zusammenhängen.

Wie in Kapitel 5.3.5 beschrieben, konnte hinsichtlich der Implantatüberlebensrate kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) des Faktors „Lokalisation innerhalb des Kiefers" erfasst werden. Die höchste Anzahl an Implantaten wurden im Prämolaren-Bereich gezählt. Hierbei trat in 32 Fällen das Ereignis „Explantation" ein. Der Eckzahn-Bereich umfasste mit 182 Implantaten die kleinste Gruppe. Zwölf dieser Implantate wurden im Laufe des Beobachtungszeitraumes explantiert. Die höchste 10-Jahres-Überlebensrate ergab sich im Frontzahn-Bereich mit 91,4 %. Für die weiteren Kieferbereiche zeigten sich in absteigender Reihenfolge Werte von 89,0 % für den Prämolaren-Bereich, 88,9 % für den Molaren-Bereich und 84,5 % für den Eckzahn-Bereich. Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in der vorliegenden Literatur von *Di Francesco et al.* sowie *Mangano et al.* wider.[101, 235] Die von *Carr et al.* durchgeführte Studie aus dem Jahr 2010 wies indessen auf einen statistisch signifikanten Unterschied ($p < 0,05$) hinsichtlich der Lokalisation der Implantate hin. Die Studie umfasste 412 Patienten mit 1514 Implantaten des Herstellers Noble Biocare. Innerhalb eines zweijährigen Beobachtungsintervalles wurden in posterioren Kieferbereichen höhere Verlustraten als in anterioren

Kieferabschnitten dokumentiert.[67] Diese Ergebnisse lassen sich mit denen der vorliegenden Arbeit gut vereinen. Wie auch bei den Suprakonstruktionen, könnte ebenso unter Anbetracht der dentalen Implantate die größere okklusale Belastung im posterioren Kieferbereich eine potenzielle Erklärung für die höheren Verlustraten darstellen.[342] Analog zu den univariaten statistischen Testmethoden zeigte auch die multifaktorielle Cox-Regression für den Faktor „Lokalisation innerhalb des Kiefers" keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0,05$) auf das Zielereignis „Explantation".

6.2.8 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Gegenkiefers*

Im univariaten Vergleich konnte kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) der Variable „Gegenkiefer" auf die Überlebenswahrscheinlichkeit des implantatgetragenen Zahnersatzes dokumentiert werden. Für die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate zeigten die Gruppen, die implantatgetragenen Zahnersatz sowie Hybrid-Zahnersatz/Kombi-Zahnersatz im Gegenkiefer aufwiesen, die höchsten Werte mit jeweils 84,9 % und die Gruppe des herausnehmbaren Zahnersatzes mit 77,3 % den geringsten Wert. Die Überlebensraten zeigten erst nach 15 Jahren wesentliche Unterschiede. In der Gruppe des implantatgetragenen Zahnersatzes konnte der höchste Wert von 80,7 % dokumentiert werden, wohingegen die 15-Jahres-Überlebensrate in der Gruppe des herausnehmbaren Zahnersatzes nicht aufgezeichnet werden konnte. Analog hierzu wurde die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit erstmals innerhalb dieser Gruppe nach 5,1 Jahren unterschritten.

Übereinstimmende Ergebnisse ließen sich der aktuellen Literatur von *Rehmann et al.* und *Anitua et al.* entnehmen, die ebenfalls keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Versorgung des antagonistischen Kiefers registrieren konnten.[19, 306] Wie in Kapitel 5.2 beschrieben, konnte auch im Rahmen der multifaktoriellen Analyse mittels Cox-Regression kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) für den Faktor „Gegenkiefer" ermittelt werden.

In Hinblick auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate wurde in den drei statistischen Testverfahren übereinstimmend kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) für die Versorgungsart des Gegenkiefers ermittelt. Nennenswerte Unterschiede hinsichtlich der Überlebensraten konnten ebenfalls erst nach 15 Jahren notiert werden. Für die Gruppe, die implantatgetragenen Zahnersatz im okkludierenden Kiefer aufwies,

zeigte sich der höchste Wert mit 84,8 %, während die Gruppe des herausnehmbaren Zahnersatzes die 15-Jahres-Überlebensrate nicht erreichte. Kongruente Erkenntnisse konnten der vorliegenden Literatur entnommen werden. So stellten sowohl *Choi et al.* als auch *Cha et al.* im Rahmen ihrer Studien keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Gegenkieferbezahnung hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate und des Auftretens von Komplikationen fest.[70, 79] Ebenso zeigte die innerhalb der eigenen Studie durchgeführte multifaktorielle Cox-Analyse keinen statistisch signifikanten Effekt ($p > 0,05$) für den Faktor „Gegenkiefer" auf das Zielereignis „Explantation".

6.2.9 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Implantatanzahl*

Wie in Kapitel 5.2 sowie 5.4 beschrieben, zeigte sich anhand der durchgeführten multifaktoriellen Cox-Analyse in Bezug auf die Implantatanzahl kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der implantatgetragenen Suprakonstruktionen und der dentalen Implantate.

Eine vorliegende systematische Übersichtsarbeit von *de Luna Gomes et al.* berichtete über ähnliche Ergebnisse.[93] Im Rahmen der Studie zeigte sich, dass zwischen der für die Abstützung von rein implantatgetragenen Prothesen notwendigen Implantatanzahl und der Überlebensrate der Prothese beziehungsweise der Implantate kein Zusammenhang besteht.[93] Nach *de Luna Gomes et al.* werden auch mögliche auftretende Komplikationen sowie der periimplantäre marginale Knochenabbau nicht durch die Anzahl der Implantate beeinflusst.[93] *Daudt Polido et al.* und *Moraschini et al.* berichteten in ihren Studien über ähnliche Ergebnisse.[91, 254] Wie in der Literaturübersicht in Kapitel 3.3.6 beschrieben, legte die Konsensuskonferenz Implantologie 2014 die Indikationsklassen zur optimalen Versorgung eines zahnlosen Kiefers im Sinne eines Goldstandards fest und inkludierte hierbei auch die Angabe zur empfohlenen Implantatanzahl.[61]

6.2.10 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Verblockung*

Die Art der Verblockung des Zahnersatzes zeigte in allen drei verwendeten Testmethoden einen statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von implantatgetragenen Suprakonstruktionen. Insgesamt konnten 316 nicht verblockte

Suprakonstruktionen auf Einzelzahnimplantaten, 230 nicht verblockte Suprakonstruktionen mit einem weiteren Implantat in direkter Nachbarschaft, 432 primär verblockte Suprakonstruktionen im Sinne eines Kronenblockes, 112 primär verblockte Suprakonstruktionen im Sinne einer Brücke und 575 sekundär verblockte Suprakonstruktionen in Form einer Teleskopversorgung notiert werden. Im Vordergrund dieser Studie steht die Gegenüberstellung verblockter und unverblockter Suprakonstruktionen beziehungsweise Implantate, um infolgedessen klinische Behandlungsempfehlungen in Bezug auf die Verblockung im Bereich der Implantattherapie aussprechen zu können. Für die Gruppe der verblockten Suprakonstruktionen fielen die dokumentierten Überlebensraten konstant höher aus. Die 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensraten betrugen dementsprechend 90,6 % beziehungsweise 87,8 %. Derweil zeigten unverblockte Suprakonstruktionen analog geringere Überlebensraten von 81,1 % beziehungsweise 66,9 %. Entsprechend wurde die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb der Gruppe der nicht verblockten Suprakonstruktionen 7,3 Jahre früher unterschritten. Für die primäre Verblockung in Form einer Brücke zeigten sich indessen statistisch höchst signifikant geringere Überlebenswahrscheinlichkeiten ($p < 0{,}001$) von 58,1 % nach zehn Jahren, während die 15-Jahre-Überlebenswahrscheinlichkeit innerhalb dieser Gruppe nicht ermittelt werden konnte. Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit der primär verblockten Brücken wurde bereits nach 2,9 Jahren registriert. Zudem konnte die Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit lediglich innerhalb der Brückenversorgungen notiert werden. Der Faktor „Verblockung“ erwies sich auch in der multifaktoriellen Analyse mittels Cox-Regression als statistisch signifikanter Einflussgeber ($p < 0{,}05$) auf die Dauer bis zum Funktionsverlust. Primär verblockte Suprakonstruktionen in Form einer Brücke wiesen hierbei ein 5,4-fach höheres Funktionsverlustrisiko gegenüber der Referenzkategorie „Einzelzahnimplantate“ auf.

Auch angesichts der Überlebenswahrscheinlichkeit dentaler Implantate konnte mithilfe der Testverfahren ein statistisch signifikanter Einfluss ($p < 0{,}05$) des Parameters „Verblockung“ aufgezeichnet werden. Im Rahmen der Untersuchung wurden 311 nicht verblockte Einzelzahnimplantate, 224 unverblockte Implantate mit einem weiteren Implantat in direkter Nachbarschaft, 415 primär verblockte Implantate in Form von Kronenblöcken, 109 primär verblockte Implantate in Form von Brücken sowie 568 sekundär verblockte Implantate unter Teleskopprothesen gezählt. Bei Gegenüberstellung der Überlebensraten verblockter und unverblockter Implantate

zeigten sich nur geringe prozentuale Abweichungen. Demnach betrug die 10-Jahres-Überlebensrate 95,3 % für unverblockte Implantate und 92,1 % für verblockte Implantate. Innerhalb der Gruppe der unverblockten Implantate wurde die Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit nicht registriert, während primär verblockte Implantate diese Grenze erst nach 13,3 Jahren unterschritten. Im Gegensatz zu den Beobachtungen der implantatgetragenen Suprakonstruktionen lag bezüglich der Überlebensrate von Implantaten kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen unverblockten und primär verblockten Implantaten im Sinne von Kronenblöcken vor. Jedoch zeigten sich auch hinsichtlich der Implantatüberlebensrate für die Gruppe der primär verblockten Implantate in Form einer Brücke statistisch höchst signifikant geringere Werte ($p < 0{,}001$) für die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit von 67,8 %, während die 15-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit 33,9 % betrug. Weiterhin unterschritten sie die 90%ige beziehungsweise 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit bereits nach 4,1 Jahren beziehungsweise 13,7 Jahren. Die multifaktorielle Cox-Analyse zeigte für den Parameter „Verblockung" einen statistisch höchst signifikanten Einfluss ($p < 0{,}001$) auf die Dauer bis zur Explantation. Implantate, die in einem Brückenverbund einbezogen waren, hatten demnach ein 6,7-fach höheres Explantationsrisiko gegenüber der Referenzkategorie „nicht verblocktes Einzelzahnimplantat".

Übereinstimmend mit den zuvor genannten Ergebnissen verzeichneten auch die berücksichtigten Studien höhere Verlustraten beziehungsweise geringe Überlebenswahrscheinlichkeiten für nebeneinanderstehende unverblockte Einzelzahnimplantate.[9, 40, 79, 141, 383, 402, 403] *Choi et al.* dokumentierten in einer vergleichbaren Studie unter 1151 untersuchten Implantaten 49 Verluste für unverblockte Einzelzahnimplantate und sechs Verluste für verblockte Implantatkonstruktionen. Die höheren Kompensations- und Zugkräfte zwischen der Implantatoberfläche unverblockter Konstruktionen und der umgebenden alveolären Knochenstruktur sowie die größere funktionelle Beanspruchung dessen wurden als die Überlebensrate beeinflussende Faktoren genannt.[79] Das Verblocken der implantatgetragenen Suprakonstruktionen soll folglich dazu beitragen, die einwirkenden Spannungen während funktioneller Krafteinwirkungen gleichmäßig und effektiv auf die lasttragenden Implantate zu verteilen und den marginalen Knochenabbau auf ein Minimum zu beschränken.[267, 376] Kongruente Erkenntnisse fanden sich auch in der Studie von *Guichet et al.*, welche die auftretenden Spannungen in Relation zur Stärke des Approximalkontaktes setzte. So notierten *Guichet et al.* im

Rahmen ihrer Untersuchung keine Spannungen bei durchgängigen Kontaktpunkten, während geringe koronale Spannungen bei „idealen Kontakten“ registriert wurden. Diese verstärkten sich durch das Einbringen einer 10µm-Folie. Im Untersuchungsverlauf zeigten sich für die 50µm-Folie zusätzlich Spannungen entlang der Implantatgewinde, die durch das Einbringen einer 90µm-Folie zunehmend anstiegen.[141] Zahnärzte müssten im Rahmen der Implantattherapie folglich die Einstellung eines optimalen Approximalkontaktes zweier nebeneinanderstehender unverblockter Suprakonstruktionen garantieren, um das Auftreten von Spannungen entlang der Implantatgewinde vorbeugen beziehungsweise verhindern zu können. Im praktischen Klinik- sowie Praxisalltag ist dies jedoch in diesem Umfang kaum umsetzbar. Auf Grund dessen sollte die Empfehlung zur Verblockung zweier und auch mehrerer implantatgetragener Suprakonstruktionen, basierend auf den Erkenntnissen sowohl der vorliegenden Studie als auch der inkludierten Literaturquellen, ausgesprochen werden. Während im Rahmen der vorliegenden Studie die Verblockung der prothetischen Versorgungen die Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen positiv beeinflusste, zeigte sich die Überlebensrate der Implantate unbeeinflusst. Ein möglicher Grund liegt in der ausreichenden Eigenstabilität der Implantate in Form einer adäquaten Osseointegration. Suprakonstruktionen hingegen profitieren hinsichtlich ihrer Überlebensrate von einer Verblockung und erreichen infolgedessen eine erhöhte Stabilität.

Eine potenzielle Begründung für die geringeren Überlebenswahrscheinlichkeiten der Suprakonstruktionen und Implantate, die in einem primär verblockten Brückenverbund einbezogen waren, gegenüber allen anderen Vergleichskategorien, ist sicherlich die Verteilung der eintreffenden funktionellen Kräfte über eine lange Spannweite hinweg. Im Gegensatz zu einer Brückenversorgung auf natürlichen Zähnen, die eine physiologische Eigenbeweglichkeit besitzen, stellen implantatgetragene Brücken eine starre Konstruktion dar. Aus diesem Grund sprechen *Strub et al.* die Empfehlung aus, jeden fehlenden Zahn innerhalb einer geschlossenen Zahnreihe idealerweise durch je ein Implantat zu ersetzen.[358] In weiterführenden Arbeiten könnte somit auch die Untersuchung der Einflussnahme der Anzahl von Brückenzwischengliedern auf die Verlustrate implantatgetragener Suprakonstruktionen beziehungsweise dentaler Implantate von Interesse sein.

6.2.11 *Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung*

Hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit implantatgetragener Suprakonstruktionen konnte anhand der verwendeten Testmethoden ein statistisch signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) zwischen gesunden Patienten und Patienten mit Tumorerkrankung des Kopf-Hals-Bereiches ohne chirurgische Rekonstruktion des Kiefers ermittelt werden. Der Unterschied zwischen gesunden Patienten und tumorerkrankten Patienten mit ergänzender chirurgischer Rekonstruktion ergab einen statistisch höchst signifikanten Unterschied ($p < 0,001$). Hinsichtlich des Vergleiches der Patienten mit Tumorerkrankung aber ohne Rekonstruktion und denjenigen mit nachfolgender chirurgischer Rekonstruktion konnte indessen kein statistisch signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) wahrgenommen werden. Die 10-Jahres-Überlebensrate zeigte für Patienten ohne Erkrankung den höchsten Wert von 86,8 %. Patienten mit Tumoren des Kopf-Hals-Bereiches und anschließender Rekonstruktion des Kiefers mittels Fibula- oder Beckenkammtransplantat erzielten eine 10-Jahres-Überlebensrate von 66,5 %, wohingegen diese für Patienten ohne chirurgisch rekonstruierten Kiefer nicht ermittelt werden konnte.

Nelson et al. berichteten ebenfalls über niedrigere Überlebensraten für implantatgetragenen Zahnersatz in Form von Prothesen bei Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung. Gegenüber der vorliegenden Arbeit wurde im Rahmen der Studie von *Nelson et al.* jedoch die Frage einer möglichen ergänzenden Rekonstruktion des Kiefers nicht berücksichtigt.[265] Der Faktor „Tumorerkrankung“ zeigte analog auch im Cox-Modell einen statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Dauer bis zum Funktionsverlust. Für Patienten mit Tumorerkrankung und ohne Rekonstruktion ergab sich ein 3,2-fach, für Patienten mit Tumorerkrankung und zusätzlicher Rekonstruktion ein 2,4-fach erhöhtes Funktionsverlustrisiko gegenüber gesunden Patienten.

Angesichts der Überlebenswahrscheinlichkeiten der Implantate konnte ein statistisch höchst signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zwischen der Gruppe der Patienten ohne vorangegangenen Tumor im Kopf-Hals-Bereich und der Gruppe der Patienten mit Tumorerkrankung und ohne sowie mit Rekonstruktion ermittelt werden. Zwischen den Patientengruppen mit Tumorerkrankung wurde in Bezug zu einer nachfolgenden chirurgischen Rekonstruktion beziehungsweise dem Verzicht auf diese kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt ($p > 0,05$). Analog zu den 10-Jahres-Überlebensraten der Suprakonstruktionen zeigten sich auch hinsichtlich der Überlebensraten der Implantate die geringsten Werte in der Gruppe der Patienten mit vorangegangener

Tumorerkrankung und ohne beziehungsweise mit Rekonstruktion mit jeweils 75,8 % beziehungsweise 74,6 %. Gesunde Patienten wiesen demgegenüber eine 10-Jahres-Überlebensrate von 92,4 % auf. Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde erstmals von Patienten mit Tumorerkrankung jedoch ohne rekonstruierten Kiefer nach 3,7 Jahren unterschritten. Deckungsgleiche Ergebnisse lieferte eine von *Zierden et al.* durchgeführte Studie, die für Patienten mit vorangegangenen Tumoren des Kopf-Hals-Bereiches ebenfalls statistisch signifikant geringere Werte ($p < 0,05$) gegenüber gesunden Patienten beschrieb.[412] Kongruierende Ergebnisse zeigten sich auch in weiteren Studien.[119, 161, 265] *Pompa et al.* inkludierten innerhalb ihrer Untersuchung zusätzlich den Faktor „postoperative Strahlentherapie". Für das Überleben dentaler Implantate zeigten sich hierbei statistisch höchst signifikant geringere Werte ($p < 0,001$) in der Gruppe der Patienten mit adjuvanter Strahlentherapie,[293] was unter anderem durch die geringere Perfusion des Gewebes und die damit einhergehende verminderte Knochenqualität begründet wurde.[104, 192] Die daraus resultierende erschwerte Osseointegration der Implantate kann folglich ein erhöhtes Risiko für Periimplantitis darstellen.[104, 161, 193, 366] Im Rahmen der eigenen Studie konnte die Fragestellung nach adjuvanter Strahlentherapie anhand der vorliegenden Patientendaten nicht nachverfolgt werden. Laut *Huang et al.* sowie *Wolf et al.* wird die Überlebensrate der Implantate zudem durch die Art des Knochens, welcher zur Rekonstruktion genutzt wurde, beeinflusst.[161, 396] Die in der vorliegenden Studie vorzugsweise durch die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Gießen verwendeten Fibula- sowie Beckenkammtransplantate werden auch in der aktuellen Literatur als optimale Behandlungsoption angesehen.[161] Als mögliche Gründe für die geringeren Überlebensraten der Implantate und der Suprakonstruktionen bei Patienten mit vorangegangenen Tumoren des Kopf-Hals-Bereiches gegenüber gesunden Patienten können zum einen der erschwerte funktionelle und strukturelle Verbund zwischen Implantat und Knochengewebe, zum anderen die erhöhte Mortalitätsrate dieser Patientengruppe diskutiert werden.[76, 265, 366] Zudem könnten auch die suboptimalen anatomischen Verhältnisse zu einer möglichen Über- beziehungsweise Fehlbelastung der Implantate führen.[268, 401] Auch die eingeschränkte Mundhygienefähigkeit kompromittierter Patienten könnte einen potenziellen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit darstellen.[396] Weiterhin sollte berücksichtigt werden, dass die Implantatanzahl innerhalb der Gruppe der Tumorpatienten tendenziell höher ausfällt, um einen möglichen Funktionsausfall eines jeweiligen Implantates präventiv vorbeugen zu können. Zudem ermöglicht die Ausnahmeindikation nach § 28 des Sozialgesetzbuches

die vollständige Finanzierung der in der Regel kostenintensiven Implantation durch die gesetzliche Krankenkasse.[139, 351] Hinsichtlich des Vergleichs der Patientengruppen ohne beziehungsweise mit anschließender chirurgischer Rekonstruktion erzielten die Implantate der Patienten mit zusätzlicher Rekonstruktion des Kiefers eine höhere 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit von 0,5 Jahren. Dies unterstreicht den klinischen Nutzen der Kieferrekonstruktion durch die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie im Rahmen der Tumortherapie.[268, 416] Auch im Cox-Modell hatte der berücksichtigte Parameter „Tumorerkrankung" einen statistisch höchst signifikanten Einfluss ($p < 0{,}001$) auf die Dauer bis zur Explantation. Analog zu dem univariaten Vergleich zeigte sich für Implantate bei Patienten mit Tumorerkrankung aber ohne Rekonstruktion ein 4,9-fach und für Implantate bei Patienten mit Tumorerkrankung und zusätzlicher Rekonstruktion ein 2,6-fach erhöhtes Explantationsrisiko gegenüber gesunden Patienten.

6.3 Schlussfolgerung

Die Insertion dentaler Implantate und die anschließende prothetische Versorgung dieser stellt heutzutage eine nicht mehr wegzudenkende und etablierte Therapieform der modernen Zahnmedizin dar. Sowohl die vorliegende Studie als auch die aktuelle wissenschaftliche Fachliteratur zeigen auf, dass implantatgetragener Zahnersatz überzeugende 5-, 10- und 15-Jahres-Überlebensraten unter Berücksichtigung möglicher modellierender Faktoren erreichen kann.

Im Rahmen der Implantattherapie sollten Patienten demnach nicht nur *prä-* beziehungsweise *perioperativ* umfassend betreut werden, sondern auch noch *nach* erfolgreicher Implantation in regelmäßigen zeitlichen Intervallen innerhalb eines Recallprogrammes begleitet werden. Eine gute Zusammenarbeit zwischen dem Patienten und dem Zahnarzt kann so potenziellen Komplikationen, wie unter anderem dem häufig auftretenden Krankheitsbild einer Periimplantitis, präventiv vorbeugen.

Des Weiteren sollte während der implantatprothetischen Rehabilitation die besondere Bedeutung der Verblockungsart benachbarter Restaurationen berücksichtigt werden. So ließ sich anhand der Ergebnisse der vorliegenden Arbeit erkennen, dass die primäre Verblockung zweier oder mehrerer nebeneinanderstehender Implantate einen positiven Effekt auf die Stabilität und Überlebenswahrscheinlichkeit der implantatgetragenen Suprakonstruktionen zeigt. Die Implantate hingegen scheinen aufgrund ausreichender Eigenstabilität nicht in demselben Maße beeinflussbar zu sein. Im Vergleich zu Einzelzahnimplantaten, verblockten sowie unverblockten Implantatkronen und herausnehmbarem implantatverankertem Zahnersatz zeigten implantatgetragene Restaurationen in einem Brückenverbund die geringste Überlebensrate. Aus diesem Grund sollte zukünftig für prothetische Versorgungen mittels Implantaten zum einen eine Behandlungsempfehlung zur Verblockung der Suprakonstruktionen ausgesprochen werden und zum anderen für eine festsitzende implantatgetragene Versorgung jeder verloren gegangene Zahn möglichst durch jeweils ein eigenes Implantat ersetzt werden. Hierbei sollte jedoch auch der finanzielle Aspekt Beachtung finden.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende retrospektive Longitudinalstudie befasst sich im Rahmen einer Überlebenszeitanalyse mit der Untersuchung differentieller patientenspezifischer Faktoren, die einen potentiellen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit implantatprothetischer Therapieversorgungen haben könnten und schlussendlich in Behandlungsempfehlungen miteinbezogen werden sollten.

In dem Beobachtungszeitraum von 2003 bis 2023 wurde ein Patientenkollektiv von 469 Patienten mit 1627 Implantaten aus dem zentrumseigenen MZD-Programm gefiltert und in die Analyse miteinbezogen. Zur statistischen Auswertung wurde die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier mit univariaten Testverfahren sowie der multifaktoriellen Cox-Regression herangezogen.

In Hinblick auf die implantatgetragenen Suprakonstruktionen (n = 1665) konnte eine mittlere Überlebenszeit von 14,64 ± 0,24 Jahren und 120 Funktionsverluste ermittelt werden. Das Ereignis einer Explantation, das zu einem einhergehenden Funktionsverlust der Suprakonstruktion führte, war mit 82 Fällen die am häufigsten dokumentierte Komplikation. Die kumulativen 5-, 10- beziehungsweise 15-Jahres-Überlebensraten der Gesamtheit aller Suprakonstruktionen beliefen sich auf 93,1 %, 84,3 % beziehungsweise 67,6 %.

Bezüglich der untersuchten Implantate (n = 1627) wurde eine mittlere Überlebenszeit von 15,98 ± 0,20 Jahren berechnet. 82 Implantate mussten im Verlauf explantiert werden, wovon sich mehr als die Hälfte auf das Krankheitsbild einer Periimplantitis zurückführen ließ. Nach einem Beobachtungsintervall von fünf, zehn beziehungsweise 15 Jahren belief sich die Überlebensrate auf 96,6 %, 89,4 % beziehungsweise 76,3 %.

Im weiteren Verlauf der Analyse zeigten die untersuchten Faktoren „Kiefer“, „Verblockung“ und „Tumorerkrankung“ sowohl auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der implantatgetragenen Suprakonstruktionen als auch auf die der Implantate einen statistisch signifikanten Einfluss ($p < 0,05$).

Es resultierten höhere Überlebensraten für implantatgetragenen Zahnersatz im Oberkiefer als im Unterkiefer. Ein vergleichbares Ergebnis zeigte sich auch bei den Implantaten.

Hinsichtlich der Verblockungsart erreichten implantatgetragene Suprakonstruktionen in einem primär verblockten Kronenverbund statistisch signifikant höhere Überlebensraten ($p < 0,05$) als unverblockte, nebeneinanderstehende Konstruktionen. Im Gegensatz dazu lag bezüglich der Überlebensrate von Implantaten selbst kein statistisch signifikanter Einfluss ($p > 0,05$) durch die Verblockung der prothetischen Versorgungen vor. Sowohl die Suprakonstruktionen als auch die Implantate zeigten jedoch, sofern sie in einem Brückenverbund einbezogen waren, statistisch höchst signifikant geringere Überlebenswahrscheinlichkeiten ($p < 0,001$).

Des Weiteren ergaben sich statistisch signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeiten ($p < 0,05$) für implantatgetragenen Zahnersatz und Implantate bei gesunden Patienten gegenüber Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung im Kopf-Hals-Bereich. Suprakonstruktionen bei tumorerkrankten Probanden und ergänzender chirurgischer Rekonstruktion des Kiefers zeigten höhere Überlebenswahrscheinlichkeiten als diejenigen ohne rekonstruierten Kiefer. Dies unterstreicht den klinischen Nutzen der Kieferrekonstruktion im Rahmen der Tumortherapie.

Die hohen und erfolgversprechenden Überlebenswahrscheinlichkeiten implantatgetragenen Zahnersatzes in der vorliegenden Longitudinalstudie akzentuieren die Bedeutung und Relevanz der Implantattherapie im Rahmen der modernen Zahnmedizin. Anhand der Erkenntnisse der durchgeführten Untersuchung lassen sich unter Berücksichtigung patientenspezifischer Einflussfaktoren für zukünftige prothetische Versorgungen mittels implantatgetragenen Zahnersatzes Behandlungsempfehlungen herleiten. Demzufolge sollten zum einen Suprakonstruktionen zur gleichmäßigen Spannungsverteilung während funktioneller Krafteinwirkung idealerweise punktuell verblockt werden. Zum anderen sollte zur Umgehung einer implantatgetragenen Brückenkonstruktion und unter Berücksichtigung des finanziellen Aspektes ein Ersatz jedes verloren gegangenen Zahnes durch jeweils ein eigenes Implantat in Betracht gezogen werden, um im Ergebnis auch nicht zuletzt einer Restitutio ad integrum sehr nahe zu kommen.

8 Summary

The presented retrospective survival analysis, aims to examine patient-specific factors potentially influencing implant-prosthetic treatment. Thus, the results can give recommendations for this treatment option.

During the observation period from 2003 to 2023, in total 469 patients with overall 1627 implants were analyzed by use of the MZD program and finally included into the evaluation. Statistical analysis was conducted using Kaplan-Meier method for pairwise comparison and Cox regression for multifactorial analysis.

Regarding implant-supported dental prostheses (n = 1665), a mean survival time of 14.64 ± 0.24 years and a risk of functional loss of 7.2 % were recorded. The most common complication (82 cases) was the explantation of an implant leading to concurrent loss of function of the implant-supported dental prostheses. The cumulative 5-, 10-, and 15-year survival rates for all implant-supported dental prostheses were 93.1 %, 84.3 %, and 67.6 %, respectively.

For the included implants (n = 1627), a mean survival time of 15.98 ± 0.20 years was calculated. Approximately 5.0 % had to be explanted, with more than half of the cases due to periimplantitis. After an observation period of 5, 10, and 15 years, the survival rates were 96.6 %, 89.4 %, and 76.3 %, respectively.

Furthermore, the patient-specific factors "jaw," "splinting," and "tumor disease" had a significant influence ($p < 0.05$) on the survival probability of implant-supported dental prostheses as well as on the implants themselves.

Concerning “jaw”, higher survival rates were observed for implant-supported dental prostheses as well as for the implants located in the maxilla compared to those in the mandible.

Splinted implant-supported dental prostheses showed significantly higher survival rates ($p < 0.05$) than non-splinted restorations. However, there was no significant influence ($p > 0.05$) on the survival rate of the implants regarding the splinting of the prosthetic restoration. Nevertheless, both implant-supported dental prostheses and implants showed highly significant lower survival probabilities ($p < 0.001$) when included in a bridge.

Moreover, significantly higher survival probabilities ($p < 0.05$) were recorded for implant-supported dental prostheses and implants in healthy patients compared to patients after oral cancer therapy. Prosthetic restorations in tumor patients after surgical jaw reconstruction exhibited higher survival probabilities than those without reconstruction. This highlights the clinical benefit of jaw reconstruction for prosthetic rehabilitation.

The good and promising survival probabilities of implant-supported dental prostheses and implants in this retrospective survival analysis emphasize the importance and relevance of implant therapy in modern dentistry. Based on the findings of this study and considering patient-specific factors, treatment recommendations for future prosthetic restorations using implants can be given. On the one hand, implant-supported dental prostheses should be splinted in order to ensure stress distribution during functional loading. On the other hand, a restitutio ad integrum treatment in which every lost tooth is replaced by a single implant can be beneficial, because of avoiding a bridge with bad survival probability. Nevertheless, this has to be discussed with the patient under financial aspects.

9 Abkürzungsverzeichnis

ABr	Anhängerbrücke
Br	Brücke
DMS III	Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie
DMS V	Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie
ESG	Einstückgussprothese
Impl	Implantat
Impl-Br	implantatgetragene Brücke
Impl-Pro	implantatgetragene Prothese
k.A.	keine Angabe
KI	Konfidenzintervall
KM	Kaplan-Meier
Kr	Krone
LT	Life-Table
MZD	Multizentrische Dokumentation
n	Gesamtzahl
OK	Oberkiefer
Pat	Patient
Pf	Pfeilerzahn
Pro	Prothese
Q	Quotientenbildung
SE	Standardfehler
TK	Teleskopprothese
UK	Unterkiefer
ÜR	Überlebensrate

VMK	Verbund-Metall-Keramik
VK	Vollkeramik
vs.	versus
ZE	Zahnersatz
ZMK	Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

10 Darstellungsverzeichnis

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1: Vorgehensweise für die Festlegung der Studienpopulation mit Implantaten und Suprakonstruktionen 55

Abbildung 5.1: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Suprakonstruktionen (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 62

Abbildung 5.2: Kumulative Hazard-Funktion der Suprakonstruktionen (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 62

Abbildung 5.3: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 65

Abbildung 5.4: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 65

Abbildung 5.5: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 67

Abbildung 5.6: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 67

Abbildung 5.7: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 70

Abbildung 5.8: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 70

Abbildung 5.9: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 73

Abbildung 5.10: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 73

Abbildung 5.11: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 78

Abbildung 5.12: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 78

Abbildung 5.13: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 81

Abbildung 5.14: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 81

Abbildung 5.15: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 86

Abbildung 5.16: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate (Zielereignis: Explantation), n = 1627 87

Abbildung 5.17: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Explantation), n = 1627 89

Abbildung 5.18: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Explantation), n = 1627 89

Abbildung 5.19: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 91

Abbildung 5.20: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 91

Abbildung 5.21: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627 94

Abbildung 5.22: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627 94

Abbildung 5.23: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627 97

Abbildung 5.24: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627 97

Abbildung 5.25: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Explantation), n = 1627 102

Abbildung 5.26: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 102

Abbildung 5.27: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 105

Abbildung 5.28: Kumulative Hazard-Funktion der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 105

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1: Komplikationen von festsitzenden implantatgetragenen Suprakonstruktionen (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, ABr = Anhängerbrücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, VMK = Verbund-Metall-Keramik, VK = Vollkeramik) 6

Tabelle 3.2: Überlebenszeitanalysen zu festsitzenden implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, ABr = Anhän-gerbrücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, VMK = Verbund-Metall-Keramik, VK = Vollkeramik, KM = Kaplan-Meier, LT = Life-Table, Q = Quotientenbildung, k.A. = keine Angabe) 14

Tabelle 3.3: Komplikationen von herausnehmbaren implantatgetragenen Suprakonstruktionen (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, Pro = Prothese, Impl-Pro = implantatgetragene Prothese, TK = Teleskopprothese) 31

Tabelle 3.4: Überlebenszeitanalysen zu herausnehmbaren implantatgetragenen Suprakonstruktionen und Implantaten (Pat = Patient, ZE = Zahnersatz, Pf = Pfeilerzahn, Impl = Implantat, Kr = Krone, Br = Brücke, Impl-Br = implantatgetragene Brücke, Pro = Prothese, Impl-Pro = implantatgetragene Prothese, TK = Teleskopprothese, KM = Kaplan-Meier, LT = Life-Table, Q = Quotientenbildung, k.A. = keine Angabe) 35

Tabelle 4.1: Dokumentierte Implantathersteller 54

Tabelle 4.2: Ausgewertete Patientendaten des MZD-Programmes 56

Tabelle 5.1: Gründe für einen Funktionsverlust der Suprakonstruktionen, n = 1665 61

Tabelle 5.2: Cox-Regression der Suprakonstruktionen für das Patientenalter (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 63

Tabelle 5.3: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Geschlechtes in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 64

Tabelle 5.4: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 66

Tabelle 5.5: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 68

Tabelle 5.6: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 69

Tabelle 5.7: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 71

Tabelle 5.8: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 72

Tabelle 5.9: Cox-Regression der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Implantatanzahl (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665..... 74

Tabelle 5.10: Vergleich des Signifikanzniveaus der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung..... 75

Tabelle 5.11: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665..... 76

Tabelle 5.12: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 77

Tabelle 5.13: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665 80

Tabelle 5.14: Überlebensraten der Suprakonstruktionen in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665..... 80

Tabelle 5.15: Cox-Regression der Suprakonstruktionen (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1665..... 83

Tabelle 5.16: Codierung der Variablen im Cox-Modell (0 = Referenzkategorie, 1 = Testvariable)..... 84

Tabelle 5.17: Gründe für eine Explantation, n = 1627 85

Tabelle 5.18: Cox-Regression der Implantate für das Patientenalter (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 87

Tabelle 5.19: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit des Geschlechtes in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627..... 88

Tabelle 5.20: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627 90

Tabelle 5.21: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 1627 92

Tabelle 5.22: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit der Lokalisation innerhalb des Kiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627 93

Tabelle 5.23: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627 95

Tabelle 5.24: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit des Gegenkiefers (Zielereignis: Explantation), n = 1627 96

Tabelle 5.25: Cox-Regression der Implantate in Abhängigkeit der Implantatanzahl (Zielereignis: Explantation), n = 1627 98

Tabelle 5.26: Vergleich des Signifikanzniveaus der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung..... 99

Tabelle 5.27: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627 100

Tabelle 5.28: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit der Verblockung (Zielereignis: Explantation), n = 1627 101

Tabelle 5.29: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung in Jahren (Zielereignis: Explantation), n = 1627 103

Tabelle 5.30: Überlebensraten der Implantate in Abhängigkeit einer Tumorerkrankung (Zielereignis: Explantation), n = 1627 104

Tabelle 5.31: Cox-Regression der Implantate (Zielereignis: Explantation), n = 1627 107

Tabelle 5.32: Codierung der Variablen im Cox-Modell (0 = Referenzkategorie, 1 = Testvariable)..... 108

11 Literaturverzeichnis

1. Abdoel S. F., Haagedoorn S. S., Raghoebar G. M., Meijer H. J. A. Implant-supported mandibular overdentures: A retrospective case series study in a daily dental practice. *International Journal of Implant Dentistry*; 7: 64; 2021.
2. Abdul Rahim M., Khan K., Chrcanovic B. R. Influence of crown-implant ratio and implant inclination on marginal bone loss around dental implants supporting single crowns in the posterior region: A retrospective clinical study. *Journal of Clinical Medicine*; 12: 2023.
3. Ackermann K. L., Barth T., Cacaci C., Kistler S., Schlee M., Stiller M. Clinical and patient-reported outcome of implant restorations with internal conical connection in daily dental practices: Prospective observational multicenter trial with up to 7-year follow-up. *International Journal of Implant Dentistry*; 6: 14; 2020.
4. Aglietta M., Iorio-Siciliano V., Blasi A., Sculean A., Brägger U., Lang N. P., Salvi G. E. Clinical and radiographic changes at implants supporting single-unit crowns (SCs) and fixed dental prostheses (FDPs) with one cantilever extension. A retrospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 23: 550-555; 2012.
5. Aglietta M., Siciliano V. I., Zwahlen M., Brägger U., Pjetursson B. E., Lang N. P., Salvi G. E. 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. *Clinical Oral Implants Research*; 20: 441-451; 2009.
6. Agustín-Panadero R., Soriano-Valero S., Labaig-Rueda C., Fernández-Estevan L., Solá-Ruíz M. F. Implant-supported metal-ceramic and resin-modified ceramic crowns: A 5-year prospective clinical study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 124: 46-52.e42; 2020.
7. Al-Dwairi Z. N., El Masoud B. M., Al-Afifi S. A., Borzabadi-Farahani A., Lynch E. Awareness, attitude and expectations toward dental implants among removable prostheses wearers. *Journal of Prosthodontics*; 23: 192-197; 2014.
8. Ali K., Kay E. J. What are the long-term survival and complication rates of complete-arch fixed implant rehabilitation in edentulous patients? *Evidence-Based Dentistry*; 20: 97-98; 2019.
9. Alvarez-Arenal A., Brizuela-Velasco A., DeLlanos-Lanchares H., Gonzalez-Gonzalez I. Should oral implants be splinted in a mandibular implant-supported fixed complete denture? A 3-dimensional-model finite element analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 112: 508-514; 2014.
10. Anadioti E., Gates W. D., Elpers J., De Kok I. J., Cooper L. F. Retrospective cohort analysis of maxillary overdentures retained by unsplinted implants. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 122: 301-308.e301; 2019.
11. Andersen E., Haanaes H. R., Knutsen B. M. Immediate loading of single-tooth ITI implants in the anterior maxilla: A prospective 5-year pilot study. *Clinical Oral Implants Research*; 13: 281-287; 2002.

12. Andersson B. Implants for single-tooth replacement: A clinical and experimental study on the Brånemark CeraOne System. *Swedish Dental Journal Supplement*; 108: 1-41; 1995.

13. Andersson B., Bergenblock S., Fürst B., Jemt T. Long-term function of single-implant restorations: A 17- to 19-year follow-up study on implant infraposition related to the shape of the face and patients' satisfaction. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 15: 471-480; 2013.

14. Andersson B., Glauser R., Maglione M., Taylor A. Ceramic implant abutments for short-span FPDs: A prospective 5-year multicenter study. *The International Journal of Prosthodontics*; 16: 640-646; 2003.

15. Andersson B., Odman P., Lindvall A. M., Brånemark P. I. Cemented single crowns on osseointegrated implants after 5 years: Results from a prospective study on CeraOne. *The International Journal of Prosthodontics*; 11: 212-218; 1998.

16. Andersson B., Odman P., Lindvall A. M., Brånemark P. I. Five-year prospective study of prosthodontic and surgical single-tooth implant treatment in general practices and at a specialist clinic. *The International Journal of Prosthodontics*; 11: 351-355; 1998.

17. Andersson B., Odman P., Lindvall A. M., Lithner B. Single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: Results and experiences from a prospective study after 2 to 3 years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 10: 702-711; 1995.

18. Andreiotelli M., Att W., Strub J. R. Prosthodontic complications with implant overdentures: A systematic literature review. *The International Journal of Prosthodontics*; 23: 195-203; 2010.

19. Anitua E., Alkhraisat M. H. 15-year follow-up of short dental implants placed in the partially edentulous patient: Mandible vs. maxilla. *Anatomischer Anzeiger*; 222: 88-93; 2019.

20. Anitua E., Piñas L., Orive G. Retrospective study of short and extra-short implants placed in posterior regions: Influence of crown-to-implant ratio on marginal bone loss. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 17: 102-110; 2015.

21. Antalainen A. K., Helminen M., Forss H., Sándor G. K., Wolff J. Assessment of removed dental implants in Finland from 1994 to 2012. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 28: 1612-1618; 2013.

22. Aquilino S. A., Shugars D. A., Bader J. D., White B. A. Ten-year survival rates of teeth adjacent to treated and untreated posterior bounded edentulous spaces. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 85: 455-460; 2001.

23. Arvidson K., Bystedt H., Frykholm A., von Konow L., Lothigius E. Five-year prospective follow-up report of the Astra Tech dental implant system in the treatment of edentulous mandibles. *Clinical Oral Implants Research*; 9: 225-234; 1998.

24. Attard N. J., Zarb G. A. Implant prosthodontic management of partially edentulous patients missing posterior teeth: The Toronto experience. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 89: 352-359; 2003.

25. Attard N. J., Zarb G. A. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant-fixed prostheses: The Toronto study. *The International Journal of Prosthodontics*; 17: 417-424; 2004.

26. Attard N. J., Zarb G. A. Long-term treatment outcomes in edentulous patients with implant overdentures: The Toronto study. *The International Journal of Prosthodontics*; 17: 425-433; 2004.

27. Avivi-Arber L., Zarb G. A. Clinical effectiveness of implant-supported single-tooth replacement: The Toronto Study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 11: 311-321; 1996.

28. Bakker M. H., Vissink A., Meijer H. J. A., Raghoebar G. M., Visser A. Mandibular implant-supported overdentures in (frail) elderly: A prospective study with 20-year follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 21: 586-592; 2019.

29. Balmer M., Fischer C., Pirc M., Hämmerle C. H. F., Jung R. E. Results at the 1-year follow-up of a prospective cohort study with short, zirconia implants. *Materials*; 15: 2022.

30. Balmer M., Spies B. C., Vach K., Kohal R. J., Hämmerle C. H. F., Jung R. E. Three-year analysis of zirconia implants used for single-tooth replacement and three-unit fixed dental prostheses: A prospective multicenter study. *Clinical Oral Implants Research*; 29: 290-299; 2018.

31. Balshi T. J., Hernandez R. E., Pryszlak M. C., Rangert B. A comparative study of one implant versus two replacing a single molar. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 11: 372-378; 1996.

32. Barão V. A., Delben J. A., Lima J., Cabral T., Assunção W. G. Comparison of different designs of implant-retained overdentures and fixed full-arch implant-supported prosthesis on stress distribution in edentulous mandible: A computed tomography-based three-dimensional finite element analysis. *Journal of Biomechanics*; 46: 1312-1320; 2013.

33. Bardis D., Agop-Forna D., Pelekanos S., Chele N., Dascălu C., Török R., Török B., Cristea I., Bardi P. M., Forna N. Assessment of various risk factors for biological and mechanical/technical complications in fixed implant prosthetic therapy: A retrospective study. *Diagnostics*; 13: 2023.

34. Becker C. M. Cantilever fixed prostheses utilizing dental implants: A 10-year retrospective analysis. *Quintessence International*; 35: 437-441; 2004.

35. Becker W., Becker B. E. Replacement of maxillary and mandibular molars with single endosseous implant restorations: A retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 74: 51-55; 1995.

36. Behr M., Lang R., Leibrock A., Rosentritt M., Handel G. Complication rate with prosthodontic reconstructions on ITI and IMZ dental implants. *Clinical Oral Implants Research*; 9: 51-58; 1998.

37. Beikler T., Flemmig T. F. EAO consensus conference: Economic evaluation of implant-supported prostheses. *Clinical Oral Implants Research*; 11: 57-63; 2015.

38. Bender R., Lange S. What is the p-value? *Deutsche Medizinische Wochenschrift*; 132: 15-16; 2007.

39. Beresford D., Klineberg I. A within-subject comparison of patient satisfaction and quality of life between a two-implant overdenture and a three-implant-supported fixed dental prosthesis in the mandible. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 33: 1374-1382; 2018.

40. Bergkvist G., Simonsson K., Rydberg K., Johansson F., Dérand T. A finite element analysis of stress distribution in bone tissue surrounding uncoupled or splinted dental implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 10: 40-46; 2008.

41. Berglundh T., Abrahamsson I., Lang N. P., Lindhe J. De novo alveolar bone formation adjacent to endosseous implants. *Clinical Oral Implants Research*; 14: 251-262; 2003.

42. 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. *Journal of Clinical Periodontology*; 3: 197-212, 232-193; 2002.

43. Bernard J. P., Schatz J. P., Christou P., Belser U., Kiliaridis S. Long-term vertical changes of the anterior maxillary teeth adjacent to single implants in young and mature adults. A retrospective study. *Journal of Clinical Periodontology*; 31: 1024-1028; 2004.

44. Bernard L., Vercruyssen M., Vanderveken J., Coucke W., Quirynen M., Naert I. Randomized controlled trial comparing immediate loading with conventional loading using cone-anchored implant-supported screw-retained removable prostheses: A 2-year follow-up clinical trial. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 121: 258-264; 2019.

45. Beschnidt S. M., Cacaci C., Dedeoglu K., Hildebrand D., Hulla H., Iglhaut G., Krennmair G., Schlee M., Sipos P., Stricker A., Ackermann K. L. Implant success and survival rates in daily dental practice: 5-year results of a non-interventional study using camlong screw-line implants with or without platform-switching abutments. *International Journal of Implant Dentistry*; 4: 33; 2018.

46. Bianchi A. E., Sanfilippo F. Single-tooth replacement by immediate implant and connective tissue graft: A 1-9-year clinical evaluation. *Clinical Oral Implants Research*; 15: 269-277; 2004.

47. Bianco G., Di Raimondo R., Luongo G., Paoleschi C., Piccoli P., Piccoli C., Rangert B. Osseointegrated implant for single-tooth replacement: A retrospective multicenter study on routine use in private practice. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 2: 152-158; 2000.

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

49. Bornstein M. M., Halbritter S., Harnisch H., Weber H. P., Buser D. A retrospective analysis of patients referred for implant placement to a specialty clinic: Indications, surgical procedures, and early failures. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 23: 1109-1116; 2008.

50. Bortolini S., Natali A., Franchi M., Coggiola A., Consolo U. Implant-retained removable partial dentures: A 8-year retrospective study. *Journal of Prosthodontics*; 20: 168-172; 2011.

51. Bouhy A., Lamy M., Altaep Y., Lambert F. Maxillary implant overdenture retained by four unsplinted attachments and opposed by a natural or fixed dentition: Five-year clinical outcomes: A prospective case series. *Clinical Oral Implants Research*; 34: 285-296; 2023.

52. Bouhy A., Rompen E., Lamy M., Legros C., Lecloux G., Lambert F. Maxillary implant overdenture retained by four unsplinted attachments and opposed by a natural or fixed dentition: One-year clinical outcomes. *Clinical Oral Implants Research*; 31: 747-767; 2020.

53. Boven G. C., Slot J. W. A., Raghoebar G. M., Vissink A., Meijer H. J. A. Maxillary implant-supported overdentures opposed by (partial) natural dentitions: A 5-year prospective case series study. *Journal of Oral Rehabilitation*; 44: 988-995; 2017.

54. Brägger U., Aeschlimann S., Bürgin W., Hämmerle C. H., Lang N. P. Biological and technical complications and failures with fixed partial dentures (FPD) on implants and teeth after four to five years of function. *Clinical Oral Implants Research*; 12: 26-34; 2001.

55. Brägger U., Hirt-Steiner S., Schnell N., Schmidlin K., Salvi G. E., Pjetursson B., Matuliene G., Zwahlen M., Lang N. P. Complication and failure rates of fixed dental prostheses in patients treated for periodontal disease. *Clinical Oral Implants Research*; 22: 70-77; 2011.

56. 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. *Clinical Oral Implants Research*; 16: 326-334; 2005.

57. Brandt S., Winter A., Weigl P., Brandt J., Romanos G., Lauer H. C. Conical zirconia telescoping into electroformed gold: A retrospective study of prostheses supported by teeth and/or implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 21: 317-323; 2019.

58. Branzén M., Eliasson A., Arnrup K., Bazargani F. Implant-supported single crowns replacing congenitally missing maxillary lateral incisors: A 5-year follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 17: 1134-1140; 2015.

59. Bredberg C., Vu C., Häggman-Henrikson B., Chrcanovic B. R. Marginal bone loss around dental implants: Comparison between matched groups of bruxer and non-bruxer patients: A retrospective case-control study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 25: 124-132; 2023.

60. Bryant S. R., Walton J. N., MacEntee M. I. A 5-year randomized trial to compare 1 or 2 implants for implant overdentures. *Journal of Dental Research*; 94: 36-43; 2015.

61. Bundesverband der implantologisch tätigen Zahnärzte in Europa, Die Deutsche Gesellschaft für Implantologie, Deutsche Gesellschaft für Zahnärztliche Implantologie, Deutsche Gesellschaft für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie,

Deutscher Berufsverband Oralchirurgen. Konsensuskonferenz Implantologie: Indikationsklassen für die Regelversorgung in der Implantologie; 1-2; 2014.

62. Bundeszahnärztekammer. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V) – Kurzfassung [aktualisiert am 21.11.2023]. Link: https://www.bzaek.de/wir-ueber-uns/daten-und-zahlen/deutsche-mundgesundheitsstudie-dms.html.

63. Busenlechner D., Fürhauser R., Haas R., Watzek G., Mailath G., Pommer B. Long-term implant success at the Academy for Oral Implantology: 8-year follow-up and risk factor analysis. *Journal of Periodontal & Implant Science*; 44: 102-108; 2014.

64. Buser D., Dula K., Lang N. P., Nyman S. Long-term stability of osseointegrated implants in bone regenerated with the membrane technique: 5-year results of a prospective study with 12 implants. *Clinical Oral Implants Research*; 7: 175-183; 1996.

65. Cantner F., Cacaci C., Mücke T., Randelzhofer P., Hajtó J., Beuer F. Clinical performance of tooth- or implant-supported veneered zirconia single crowns: 42-month results. *Clinical Oral Investigations*; 23: 4301-4309; 2019.

66. Capparè P., Tetè G., D'Orto B., Nagni M., Gherlone E. F. Immediate loaded full-arch mandibular rehabilitations in younger vs. elderly patients: A comparative retrospective study with 7-year follow-up. *Journal of Clinical Medicine*; 12: 2023.

67. Carr A. B. Implant location and radiotherapy are the only factors linked to 2-year implant failure. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*; 10: 49-51; 2010.

68. Castellanos-Cosano L., Rodriguez-Perez A., Spinato S., Wainwright M., Machuca-Portillo G., Serrera-Figallo M. A., Torres-Lagares D. Descriptive retrospective study analyzing relevant factors related to dental implant failure. *Medicina Oral*; 24: e726-e738; 2019.

69. Cecchinato D., Marino M., Håkansson J., Lindhe J., Derks J. Occurrence of complications in patients restored with implants. *Clinical Oral Implants Research*; 33: 913-920; 2022.

70. Cha H. S., Kim Y. S., Jeon J. H., Lee J. H. Cumulative survival rate and complication rates of single-tooth implant focused on the coronal fracture of fixture in the internal connection implant. *Journal of Oral Rehabilitation*; 40: 595-602; 2013.

71. Chaar M. S., Passia N., Kern M. Ten-year clinical outcome of three-unit posterior FDPs made from a glass-infiltrated zirconia reinforced alumina ceramic (In-Ceram Zirconia). *Journal of Dentistry*; 43: 512-517; 2015.

72. Chackartchi T., Romanos G. E., Sculean A. Soft tissue-related complications and management around dental implants. *Periodontology 2000*; 81: 124-138; 2019.

73. Chappuis V., Buser R., Brägger U., Bornstein M. M., Salvi G. E., Buser D. Long-term outcomes of dental implants with a titanium plasma-sprayed surface: A 20-year prospective case series study in partially edentulous patients. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 15: 780-790; 2013.

74. Chen H., Liu N., Xu X., Qu X., Lu E. Smoking, radiotherapy, diabetes and osteoporosis as risk factors for dental implant failure: A meta-analysis. *PLOS ONE*; 8: e71955; 2013.

75. Chen K. W., Lin T. M., Liu P. R., Ramp L. C., Lin H. J., Wu C. T., Pan Y. H. An analysis of the implant-supported overdenture in the edentulous mandible. *Journal of Oral Rehabilitation*; 40: 43-50; 2013.

76. Chiapasco M., Biglioli F., Autelitano L., Romeo E., Brusati R. Clinical outcome of dental implants placed in fibula-free flaps used for the reconstruction of maxillo-mandibular defects following ablation for tumors or osteoradionecrosis. *Clinical Oral Implants Research*; 17: 220-228; 2006.

77. Chochlidakis K., Einarsdottir E., Tsigarida A., Papaspyridakos P., Romeo D., Barmak A. B., Ercoli C. Survival rates and prosthetic complications of implant fixed complete dental prostheses: An up to 5-year retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 124: 539-546; 2020.

78. Chochlidakis K., Ercoli C., Einarsdottir E., Romeo D., Papaspyridakos P., Barmak A. B., Tsigarida A. Implant survival and biologic complications of implant fixed complete dental prostheses: An up to 5-year retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 128: 375-381; 2022.

79. Choi Y. G., Eckert S. E., Kang K. L., Shin S. W., Kim Y. K. Epidemiology of implant mortality disparity among intraoral positions and prosthesis types. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 32: 525-532; 2017.

80. Chrcanovic B. R., Kisch J., Larsson C. Retrospective clinical evaluation of implant-supported single crowns: Mean follow-up of 15 years. *Clinical Oral Implants Research*; 30: 691-701; 2019.

81. Chuang S. K., Tian L., Wei L. J., Dodson T. B. Kaplan-Meier analysis of dental implant survival: A strategy for estimating survival with clustered observations. *Journal of Dental Research*; 80: 2016-2020; 2001.

82. Clelland N., Chaudhry J., Rashid R. G., McGlumphy E. Split-mouth comparison of splinted and nonsplinted prostheses on short implants: 3-year results. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 31: 1135-1141; 2016.

83. Cooper L. F. Biologic determinants of bone formation for osseointegration: Clues for future clinical improvements. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 80: 439-449; 1998.

84. Corbella S., Alberti A., Calciolari E., Francetti L. Medium- and long-term survival rates of implant-supported single and partial restorations at a maximum follow-up of 12 years: A retrospective study. *The International Journal of Prosthodontics*; 34: 183-191; 2021.

85. Covani U., Canullo L., Toti P., Alfonsi F., Barone A. Tissue stability of implants placed in fresh extraction sockets: A 5-year prospective single-cohort study. *Journal of Periodontology*; 85: e323-332; 2014.

86. Cranin A. N., Heimke G., Gelbman J., Simons A., Klein M., Sirakian A. Clinical trials with a polycrystalline alumina dental implant. *The Journal of Oral Implantology*; 19: 221-227; 1993.

87. Creugers N. H., Kreulen C. M., Snoek P. A., de Kanter R. J. A systematic review of single-tooth restorations supported by implants. *Journal of Dentistry*; 28: 209-217; 2000.

88. Cronin R. J., Jr., Oesterle L. J., Ranly D. M. Mandibular implants and the growing patient. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 9: 55-62; 1994.

89. D'Amico C., Bocchieri S., Sambataro S. Surace G., Stumpo C., Fiorillo L. Occlusal load considerations in implant-supported fixed restorations. *Prosthesis*; 2: 252-265; 2020.

90. Daubert D. M., Weinstein B. F. Biofilm as a risk factor in implant treatment. *Periodontology 2000*; 81: 29-40; 2019.

91. Daudt Polido W., Aghaloo T., Emmett T. W., Taylor T. D., Morton D. Number of implants placed for complete-arch fixed prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*; 16: 154-183; 2018.

92. de Freitas R. F., de Carvalho Dias K., da Fonte Porto Carreiro A., Barbosa G. A., Ferreira M. A. Mandibular implant-supported removable partial denture with distal extension: A systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*; 39: 791-798; 2012.

93. de Luna Gomes J. M., Lemos C. A. A., Santiago Junior J. F., de Moraes S. L. D., Goiato M. C., Pellizzer E. P. Optimal number of implants for complete-arch implant-supported prostheses with a follow-up of at least 5 years: A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 121: 766-774.e763; 2019.

94. de Souza A. B., Sukekava F., Tolentino L., César-Neto J. B., Garcez-Filho J., Araújo M. G. Narrow- and regular-diameter implants in the posterior region of the jaws to support single crowns: A 3-year split-mouth randomized clinical trial. *Clinical Oral Implants Research*; 29: 100-107; 2018.

95. de Souza Batista V. E., Verri F. R., Lemos C. A. A., Cruz R. S., Oliveira H. F. F., Gomes J. M. L., Pellizzer E. P. Should the restoration of adjacent implants be splinted or nonsplinted? A systematic review and meta-analysis. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 121: 41-51; 2019.

96. Degidi M., Iezzi G., Perrotti V., Piattelli A. Comparative analysis of immediate functional loading and immediate nonfunctional loading to traditional healing periods: A 5-year follow-up of 550 dental implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 11: 257-266; 2009.

97. Degidi M., Nardi D., Piattelli A. 10-year follow-up of immediately loaded implants with TiUnite porous anodized surface. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 14: 828-838; 2012.

98. Degidi M., Nardi D., Piattelli A. 10-year prospective cohort follow-up of immediately restored XiVE implants. *Clinical Oral Implants Research*; 27: 694-700; 2016.

99. Degidi M., Piattelli A. 7-year follow-up of 93 immediately loaded titanium dental implants. *The Journal of Oral Implantology*; 31: 25-31; 2005.

100. Degidi M., Piattelli A., Carinci F. Clinical outcome of narrow diameter implants: A retrospective study of 510 implants. *Journal of Periodontology*; 79: 49-54; 2008.

101. Di Francesco F., De Marco G., Cristache C. M., Vernal R., Cafferata E. A., Lanza A. Survival and mechanical complications of posterior single implant-supported

restorations using prefabricated titanium abutments: A medium- and long-term retrospective analysis with up to 10 years follow-up. *The International Journal of Prosthodontics*; 35: 278-286; 2022.

102. Di Francesco F., De Marco G., Gironi Carnevale U. A., Lanza M., Lanza A. The number of implants required to support a maxillary overdenture: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Prosthodontic Research*; 63: 15-24; 2019.

103. Di Francesco F., De Marco G., Sommella A., Lanza A. Splinting vs. not splinting four implants supporting a maxillary overdenture: A systematic review. *The International Journal of Prosthodontics*; 32: 509-518; 2019.

104. Doll C., Nack C., Raguse J. D., Stricker A., Duttenhoefer F., Nelson K., Nahles S. Survival analysis of dental implants and implant-retained prostheses in oral cancer patients up to 20 years. *Clinical Oral Investigations*; 19: 1347-1352; 2015.

105. Donati M., Ekestubbe A., Lindhe J., Wennström J. L. Implant-supported single-tooth restorations: A 12-year prospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 27: 1207-1211; 2016.

106. Dudic A., Mericske-Stern R. Retention mechanisms and prosthetic complications of implant-supported mandibular overdentures: Long-term results. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 4: 212-219; 2002.

107. Ebeling P. R., Atley L. M., Guthrie J. R., Burger H. G., Dennerstein L., Hopper J. L., Wark J. D. Bone turnover markers and bone density across the menopausal transition. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*; 81: 3366-3371; 1996.

108. Eitner S., Schlegel A., Emeka N., Holst S., Will J., Hamel J. Comparing bar and double-crown attachments in implant-retained prosthetic reconstruction: A follow-up investigation. *Clinical Oral Implants Research*; 19: 530-537; 2008.

109. Ekelund J. A., Lindquist L. W., Carlsson G. E., Jemt T. Implant treatment in the edentulous mandible: A prospective study on Brånemark system implants over more than 20 years. *The International Journal of Prosthodontics*; 16: 602-608; 2003.

110. Ekfeldt A., Carlsson G. E., Börjesson G. Clinical evaluation of single-tooth restorations supported by osseointegrated implants: A retrospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 9: 179-183; 1994.

111. Ekfeldt A., Johansson L. A., Isaksson S. Implant-supported overdenture therapy: A retrospective study. *The International Journal of Prosthodontics*; 10: 366-374; 1997.

112. Eliasson A., Eriksson T., Johansson A., Wennerberg A. Fixed partial prostheses supported by 2 or 3 implants: A retrospective study up to 18 years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 21: 567-574; 2006.

113. ElSyad M. A., Alameldeen H. E., Elsaih E. A. Four-implant-supported fixed prosthesis and milled bar overdentures for rehabilitation of the edentulous mandible: A 1-year randomized controlled clinical and radiographic study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 34: 1493–1503; 2019.

114. Engfors I., Ortorp A., Jemt T. Fixed implant-supported prostheses in elderly patients: A 5-year retrospective study of 133 edentulous patients older than 79 years. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 6: 190-198; 2004.

115. Engquist B., Nilson H., Astrand P. Single-tooth replacement by osseointegrated Brånemark implants: A retrospective study of 82 implants. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 238-245; 1995.

116. Esquivel-Upshaw J. F., Clark A. E., Shuster J. J., Anusavice K. J. Randomized clinical trial of implant-supported ceramic-ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses: Preliminary results. *Journal of Prosthodontics*; 23: 73-82; 2014.

117. Ferreira P. W., Nogueira P. J., Nobre M. A. A., Guedes C. M., Salvado F. Impact of mechanical complications on success of dental implant treatments: A case-control study. *European Journal of Dentistry*; 16: 179-187; 2022.

118. Ferreira S. D., Martins C. C., Amaral S. A., Vieira T. R., Albuquerque B. N., Cota L. O. M., Esteves Lima R. P., Costa F. O. Periodontitis as a risk factor for peri-implantitis: Systematic review and meta-analysis of observational studies. *Journal of Dentistry*; 79: 1-10; 2018.

119. Fierz J., Hallermann W., Mericske-Stern R. Patients with oral tumors. Part 1: Prosthetic rehabilitation following tumor resection. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin*; 123: 91-105; 2013.

120. Filius M. A. P., Cune M. S., Koopmans P. C., Vissink A., Raghoebar G. M., Visser A. Dental implants with fixed prosthodontics in oligodontia: A retrospective cohort study with a follow-up of up to 25 years. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 120: 506-512; 2018.

121. Fobbe H., Rammelsberg P., Lorenzo Bermejo J., Kappel S. The up-to-11-year survival and success of implants and abutment teeth under solely implant-supported and combined tooth-implant-supported double crown-retained removable dentures. *Clinical Oral Implants Research*; 30: 1134-1141; 2019.

122. Fortin Y., Sullivan R. M., Rangert B. R. The Marius implant bridge: Surgical and prosthetic rehabilitation for the completely edentulous upper jaw with moderate to severe resorption: A 5-year retrospective clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 4: 69-77; 2002.

123. Francetti L., Azzola F., Corbella S., Taschieri S., Del Fabbro M. Evaluation of clinical outcomes and bone loss around titanium implants with oxidized surface: Six-year follow-up results from a prospective case series study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 16: 81-88; 2014.

124. Friberg B., Jemt T. Clinical experience of TiUnite implants: A 5-year cross-sectional, retrospective follow-up study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 1: e95-103; 2010.

125. Friberg B., Jemt T. Rehabilitation of edentulous mandibles by means of osseointegrated implants: A 5-year follow-up study on one or two-stage surgery, number of implants, implant surfaces, and age at surgery. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 17: 413-424; 2015.

126. Frisch E., Ratka-Krüger P., Wenz H. J. Unsplinted implants and teeth supporting maxillary removable partial dentures retained by telescopic crowns: A retrospective study with >6 years of follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 26: 1091-1097; 2015.

127. Frisch E., Ziebolz D., Ratka-Krüger P., Rinke S. Double crown-retained maxillary overdentures: 5-year follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 17: 22-31; 2015.

128. Frisch E., Ziebolz D., Rinke S. Long-term results of implant-supported overdentures retained by double crowns: A practice-based retrospective study after minimally 10 years follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 24: 1281-1287; 2013.

129. Garnero P., Sornay-Rendu E., Chapuy M. C., Delmas P. D. Increased bone turnover in late postmenopausal women is a major determinant of osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research*; 11: 337-349; 1996.

130. Garrett N., Roumanas E. D., Blackwell K. E., Freymiller E., Abemayor E., Wong W. K., Gerratt B., Berke G., Beumer J., Kapur K. K. Efficacy of conventional and implant-supported mandibular resection prostheses: Study overview and treatment outcomes. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 96: 13-24; 2006.

131. Gernet W., Biffar R., Schwenzer N., Ehrenfeld M. Zahnärztliche Prothetik. Stuttgart: *Thieme Verlag*; 4. Auflage; 2011.

132. Giralt-Hernando M., Ragucci G. M., Cantó-Naves O., Valls-Ontañón A., Hernández-Alfaro F. Covariates relating to implant failure and marginal bone loss of a novel triangular neck-implant placed by post-graduate students: A 1-year prospective cohort study. *Materials*; 15: 2022.

133. Goodacre C. J., Bernal G., Rungcharassaeng K., Kan J. Y. Clinical complications with implants and implant prostheses. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 90: 121-132; 2003.

134. Goodacre C. J., Naylor W. P. Single implant and crown versus fixed partial denture: A cost-benefit, patient-centred analysis. *European Journal of Oral Implantology*; 1: S59-68; 2016.

135. Gotfredsen K. A 5-year prospective study of single-tooth replacements supported by the Astra Tech implant: A pilot study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 6: 1-8; 2004.

136. Gotfredsen K. A 10-year prospective study of single tooth implants placed in the anterior maxilla. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 14: 80-87; 2012.

137. Gotfredsen K., Karlsson U. A prospective 5-year study of fixed partial prostheses supported by implants with machined and TiO2-blasted surface. *Journal of Prosthodontics*; 10: 2-7; 2001.

138. Granström G. Radiotherapy, osseointegration and hyperbaric oxygen therapy. *Periodontology 2000*; 33: 145-162; 2003.

139. Grötz K. A. Zahnärztliche Betreuung von Patienten mit tumortherapeutischer Kopf-Hals-Bestrahlung. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift*; 57: 509-511; 2002.

140. Guarnieri R., Ippoliti S. Restoration of periodontally compromised dentitions using telescopic full-arch retrievable prosthesis supported by tooth-implant combination: A long-term retrospective study. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 38: 217-224; 2018.

141. Guichet D. L., Yoshinobu D., Caputo A. A. Effect of splinting and interproximal contact tightness on load transfer by implant restorations. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 87: 528-535; 2002.

142. Gunne J., Astrand P., Lindh T., Borg K., Olsson M. Tooth-implant and implant supported fixed partial dentures: A 10-year report. *The International Journal of Prosthodontics*; 12: 216-221; 1999.

143. Haas R., Polak C., Fürhauser R., Mailath-Pokorny G., Dörtbudak O., Watzek G. A long-term follow-up of 76 Bränemark single-tooth implants. *Clinical Oral Implants Research*; 13: 38-43; 2002.

144. Hälg G. A., Schmid J., Hämmerle C. H. Bone level changes at implants supporting crowns or fixed partial dentures with or without cantilevers. *Clinical Oral Implants Research*; 19: 983-990; 2008.

145. Hannigan A., Lynch C. D. Statistical methodology in oral and dental research: Pitfalls and recommendations. *Journal of Dentistry*; 41: 385-392; 2013.

146. Hartlev J., Kohberg P., Ahlmann S., Gotfredsen E., Andersen N. T., Isidor F., Schou S. Immediate placement and provisionalization of single-tooth implants involving a definitive individual abutment: A clinical and radiographic retrospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 24: 652-658; 2013.

147. He J., Zhao B., Deng C., Shang D., Zhang C. Assessment of implant cumulative survival rates in sites with different bone density and related prognostic factors: A 8-year retrospective study of 2,684 implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 30: 360-371; 2015.

148. Heckmann S. M., Schrott A., Graef F., Wichmann M. G., Weber H. P. Mandibular two-implant telescopic overdentures. *Clinical Oral Implants Research*; 15: 560-569; 2004.

149. Heller H., Beitlitum I., Goldberger T., Emodi-Perlman A., Levartovsky S. Outcomes and complications of 33 soft-milled cobalt-chromium-ceramic full-arch screw-retained implant-supported prostheses: A retrospective study with up to 10-year follow-up. *Journal of Functional Biomaterials*; 14: 2023.

150. Henry P. J., Laney W. R., Jemt T., Harris D., Krogh P. H., Polizzi G., Zarb G. A., Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: A prospective 5-year multicenter study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 11: 450-455; 1996.

151. Henry P. J., Rosenberg I. R., Bills I. G., Chan R. W., Cohen A. C., Halliday K. G., Kozeniauskas J. A. Osseointegrated implants for single tooth replacement in general practice: A 1-year report from a multicentre prospective study. *Australian Dental Journal*; 40: 173-181; 1995.

152. Heo K. H., Lim Y. J., Kim M. J., Kwon H. B. Three-dimensional finite element analysis of the splinted implant prosthesis in a reconstructed mandible. *The Journal of Advanced Prosthodontics*; 10: 138-146; 2018.

153. Heschl A., Payer M., Clar V., Stopper M., Wegscheider W., Lorenzoni M. Overdentures in the edentulous mandible supported by implants and retained by a Dolder bar: A 5-year prospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 15: 589-599; 2013.

154. Heydecke G., Zwahlen M., Nicol A., Nisand D., Payer M., Renouard F., Grohmann P., Mühlemann S., Joda T. What is the optimal number of implants for fixed reconstructions: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 217-228; 2012.

155. Higuchi K., Liddelow G. An innovative implant-supported treatment for the edentulous mandible: Case report. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 34: e13-e16; 2019.

156. Hingsammer L., Watzek G., Pommer B. The influence of crown-to-implant ratio on marginal bone levels around splinted short dental implants: A radiological and clincial short term analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 19: 1090-1098; 2017.

157. Horsch L., Kronsteiner D., Rammelsberg P. Survival and complications of implant-supported cantilever fixed dental prostheses with zirconia and metal frameworks: A retrospective cohort study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 24: 621-629; 2022.

158. Hosny M., Duyck J., van Steenberghe D., Naert I. Within-subject comparison between connected and nonconnected tooth-to-implant fixed partial prostheses: Up to 14-year follow-up study. *The International Journal of Prosthodontics*; 13: 340-346; 2000.

159. Hosseini M., Worsaae N., Schiødt M., Gotfredsen K. A 3-year prospective study of implant-supported, single-tooth restorations of all-ceramic and metal-ceramic materials in patients with tooth agenesis. *Clinical Oral Implants Research*; 24: 1078-1087; 2013.

160. Huang H. L., Huang J. S., Ko C. C., Hsu J. T., Chang C. H., Chen M. Y. Effects of splinted prosthesis supported a wide implant or two implants: A three-dimensional finite element analysis. *Clinical Oral Implants Research*; 16: 466-472; 2005.

161. Huang W., Wu Y., Zou D., Zhang Z., Zhang C., Sun J., Xu B., Zhang Z. Long-term results for maxillary rehabilitation with dental implants after tumor resection. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 16: 282-291; 2014.

162. Huttner E. A., Machado D. C., de Oliveira R. B., Antunes A. G., Hebling E. Effects of human aging on periodontal tissues. *Special Care in Dentistry: Official Publication of the American Association of Hospital Dentists, the Academy of Dentistry for the Handicapped and the American Society for Geriatric Dentistry*; 29: 149-155; 2009.

163. Hutton J. E., Heath M. R., Chai J. Y., Harnett J., Jemt T., Johns R. B., McKenna S., McNamara D. C., van Steenberghe D., Taylor R. Factors related to success and failure rates at 3-year follow-up in a multicenter study of overdentures supported by Brånemark implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 10: 33-42; 1995.

164. Jemt T. Fixed implant-supported prostheses in the edentulous maxilla: A five-year follow-up report. *Clinical Oral Implants Research*; 5: 142-147; 1994.

165. Jemt T. Single implants in the anterior maxilla after 15 years of follow-up: Comparison with central implants in the edentulous maxilla. *The International Journal of Prosthodontics*; 21: 400-408; 2008.

166. Jemt T. Implant survival in the edentulous jaw-30 years of experience. Part I: A retro-prospective multivariate regression analysis of overall implant failure in 4,585 consecutively treated arches. *The International Journal of Prosthodontics*; 31: 425-435; 2018.

167. Jemt T. Implant survival in the partially edentulous jaw- 30 years of experience. Part III: A retro-prospective multivariate regression analysis on overall implant failures in 2,915 consecutively treated arches. *The International Journal of Prosthodontics*; 32: 36-44; 2019.

168. Jemt T., Book K., Lie A., Börjesson T. Mucosal topography around implants in edentulous upper jaws. Photogrammetric three-dimensional measurements of the effect of replacement of a removable prosthesis with a fixed prosthesis. *Clinical Oral Implants Research*; 5: 220-228; 1994.

169. Jemt T., Chai J., Harnett J., Heath M. R., Hutton J. E., Johns R. B., McKenna S., McNamara D. C., van Steenberghe D., Taylor R., Watson R. M., Herrmann I. A 5-year prospective multicenter follow-up report on overdentures supported by osseointegrated implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 11: 291-298; 1996.

170. Jemt T., Johansson J. Implant treatment in the edentulous maxillae: A 15-year follow-up study on 76 consecutive patients provided with fixed prostheses. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 8: 61-69; 2006.

171. Jemt T., Lekholm U. Oral implant treatment in posterior partially edentulous jaws: A 5-year follow-up report. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 8: 635-640; 1993.

172. Jemt T., Lekholm U. Implant treatment in edentulous maxillae: A 5-year follow-up report on patients with different degrees of jaw resorption. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 10: 303-311; 1995.

173. Jemt T., Lindén B., Lekholm U. Failures and complications in 127 consecutively placed fixed partial prostheses supported by Brånemark implants: From prosthetic treatment to first annual checkup. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 7: 40-44; 1992.

174. Jemt T., Pettersson P. A 3-year follow-up study on single implant treatment. *Journal of Dentistry*; 21: 203-208; 1993.

175. Jensen-Louwerse C., Sikma H., Cune M. S., Guljé F. L., Meijer H. J. A. Single implant-supported two-unit cantilever fixed partial dentures in the posterior region: A retrospective case series with a mean follow-up of 6.5 years. *International Journal of Implant Dentistry*; 7: 78; 2021.

176. Joda T., Ferrari M., Bragger U., Zitzmann N. U. Patient reported outcome measures (PROMs) of posterior single-implant crowns using digital workflows: A randomized controlled trial with a three-year follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 29: 954-961; 2018.

177. Johns R. B., Jemt T., Heath M. R., Hutton J. E., McKenna S., McNamara D. C., van Steenberghe D., Taylor R., Watson R. M., Herrmann I. A multicenter study of overdentures supported by Brånemark implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 7: 513-522; 1992.

178. Jung R. E., Pjetursson B. E., Glauser R., Zembic A., Zwahlen M., Lang N. P. A systematic review of the 5-year survival and complication rates of implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research*; 19: 119-130; 2008.

179. Jung R. E., Zembic A., Pjetursson B. E., Zwahlen M., Thoma D. S. Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 2-21; 2012.

180. Kappel S., Giannakopoulos N. N., Eberhard L., Rammelsberg P., Eiffler C. Immediate loading of dental implants in edentulous mandibles by use of locator attachments or Dolder bars: Two-year results from a prospective randomized clinical study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 18: 752-761; 2016.

181. Karlsson U., Gotfredsen K., Olsson C. A 2-year report on maxillary and mandibular fixed partial dentures supported by Astra Tech dental implants. A comparison of 2 implants with different surface textures. *Clinical Oral Implants Research*; 9: 235-242; 1998.

182. Keller E. E., Tolman D. E., Eckert S. Surgical-prosthodontic reconstruction of advanced maxillary bone compromise with autogenous onlay block bone grafts and osseointegrated endosseous implants: A 12-year study of 32 consecutive patients. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 14: 197-209; 1999.

183. Kern J. S., Hanisch O., Hammächer C., Yildirim M., Wolfart S. Telescopic crowns on implants and teeth: Evaluation of a clinical study after 8 to 12 years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 34: 977–986; 2019.

184. Kern J. S., Kern T., Wolfart S., Heussen N. A systematic review and meta-analysis of removable and fixed implant-supported prostheses in edentulous jaws: Post-loading implant loss. *Clinical Oral Implants Research*; 27: 174-195; 2016.

185. Kerschbaum T. Überlebenszeiten von Kronen- und Brückenersatz heute. *Zahnärztliche Mitteilungen*; 76: 2315-2320; 1986.

186. Kiener P., Oetterli M., Mericske E., Mericske-Stern R. Effectiveness of maxillary overdentures supported by implants: Maintenance and prosthetic complications. *The International Journal of Prosthodontics*; 14: 133-140; 2001.

187. Kim H. S., Cho H. A., Kim Y. Y., Shin H. Implant survival and patient satisfaction in completely edentulous patients with immediate placement of implants: A retrospective study. *BMC Oral Health*; 18: 219; 2018.

188. Kim P., Ivanovski S., Latcham N., Mattheos N. The impact of cantilevers on biological and technical success outcomes of implant-supported fixed partial dentures: A retrospective cohort study. *Clinical Oral Implants Research*; 25: 175-184; 2014.

189. Kolgeci L., Mericske E., Worni A., Walker P., Katsoulis J., Mericske-Stern R. Technical complications and failures of zirconia-based prostheses supported by implants followed up to 7 years: A case series. *The International Journal of Prosthodontics*; 27: 544-552; 2014.

190. Koller B., Att W., Strub J. R. Survival rates of teeth, implants, and double crown-retained removable dental prostheses: A systematic literature review. *The International Journal of Prosthodontics*; 24: 109-117; 2011.

191. Konstantinidis I. K., Jacoby S., Rädel M., Böning K. Prospective evaluation of zirconia based tooth- and implant-supported fixed dental prostheses: 3-year results. *Journal of Dentistry*; 43: 87-93; 2015.

192. Korfage A., Raghoebar G. M., Slater J. J., Roodenburg J. L., Witjes M. J., Vissink A., Reintsema H. Overdentures on primary mandibular implants in patients with oral cancer: A follow-up study over 14 years. *The British Journal of Oral & Maxillofacial Surgery*; 52: 798-805; 2014.

193. Kovács A. F. Assessment of prosthetic restorations on bone-lock implants in patients after oral tumor resection. *The Journal of Oral Implantology*; 24: 101-109; 1998.

194. Krämer A., Weber H., Benzing U. Implant and prosthetic treatment of the edentulous maxilla using a bar-supported prosthesis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 7: 251-255; 1992.

195. Kramer F. J., Dempf R., Bremer B. Efficacy of dental implants placed into fibula-free flaps for orofacial reconstruction. *Clinical Oral Implants Research*; 16: 80-88; 2005.

196. Kreissl M. E., Gerds T., Muche R., Heydecke G., Strub J. R. Technical complications of implant-supported fixed partial dentures in partially edentulous cases after an average observation period of 5 years. *Clinical Oral Implants Research*; 18: 720-726; 2007.

197. Krennmair G., Krainhöfner M., Piehslinger E. Implant-supported mandibular overdentures retained with a milled bar: A retrospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 22: 987-994; 2007.

198. Krennmair G., Krainhöfner M., Waldenberger O., Piehslinger E. Dental implants as strategic supplementary abutments for implant-tooth-supported telescopic crown-retained maxillary dentures: A retrospective follow-up study for up to 9 years. *The International Journal of Prosthodontics*; 20: 617-622; 2007.

199. Krennmair G., Schmidinger S., Waldenberger O. Single-tooth replacement with the Frialit-2 system: A retrospective clinical analysis of 146 implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 17: 78-85; 2002.

200. Krennmair G., Seemann R., Schmidinger S., Ewers R., Piehslinger E. Clinical outcome of root-shaped dental implants of various diameters: 5-year results. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 25: 357-366; 2010.

201. Krennmair G., Seemann R., Weinländer M., Piehslinger E. Comparison of ball and telescopic crown attachments in implant-retained mandibular overdentures: A 5-year prospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 26: 598-606; 2011.

202. Krennmair G., Seemann R., Weinländer M., Wegscheider W., Piehslinger E. Implant-prosthodontic rehabilitation of anterior partial edentulism: A clinical review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 26: 1043-1050; 2011.

203. Krennmair G., Sütö D., Seemann R., Piehslinger E. Removable four implant-supported mandibular overdentures rigidly retained with telescopic crowns or milled bars: A 3-year prospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 23: 481-488; 2012.

204. Krennmair G., Weinländer M., Krainhöfner M., Piehslinger E. Implant-supported mandibular overdentures retained with ball or telescopic crown attachments: A 3-year prospective study. *The International Journal of Prosthodontics*; 19: 164-170; 2006.

205. Krennmair S., Hunger S., Forstner T., Malek M., Krennmair G., Stimmelmayr M. Implant health and factors affecting peri-implant marginal bone alteration for implants placed in staged maxillary sinus augmentation: A 5-year prospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 21: 32-41; 2019.

206. Krennmair S., Weinländer M., Malek M., Forstner T., Krennmair G., Stimmelmayr M. Mandibular full-arch fixed prostheses supported on 4 implants with either axial or tilted distal implants: A 3-year prospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 18: 1119-1133; 2016.

207. Kushida K., Takahashi M., Kawana K., Inoue T. Comparison of markers for bone formation and resorption in premenopausal and postmenopausal subjects, and osteoporosis patients. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*; 80: 2447-2450; 1995.

208. Lai H. C., Si M. S., Zhuang L. F., Shen H., Liu Y. L., Wismeijer D. Long-term outcomes of short dental implants supporting single crowns in posterior region: A clinical retrospective study of 5-10 years. *Clinical Oral Implants Research*; 24: 230-237; 2013.

209. Lambert F. E., Weber H. P., Susarla S. M., Belser U. C., Gallucci G. O. Descriptive analysis of implant and prosthodontic survival rates with fixed implant-supported rehabilitations in the edentulous maxilla. *Journal of Periodontology*; 80: 1220-1230; 2009.

210. Laney W. R., Jemt T., Harris D., Henry P. J., Krogh P. H., Polizzi G., Zarb G. A., Herrmann I. Osseointegrated implants for single-tooth replacement: Progress report from a multicenter prospective study after 3 years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 9: 49-54; 1994.

211. Larsson C., Vult von Steyern P. Five-year follow-up of implant-supported Y-TZP and ZTA fixed dental prostheses. A randomized, prospective clinical trial comparing two different material systems. *The International Journal of Prosthodontics*; 23: 555-561; 2010.

212. Larsson C., Vult von Steyern P. Ten-year follow-up of implant-supported all-ceramic fixed dental prostheses: A randomized, prospective clinical trial. *The International Journal of Prosthodontics*; 29: 31-34; 2016.

213. Larsson C., Vult von Steyern P., Sunzel B., Nilner K. All-ceramic two- to five-unit implant-supported reconstructions. A randomized, prospective clinical trial. *Swedish Dental Journal*; 30: 45-53; 2006.

214. Larsson C., Wennerberg A. The clinical success of zirconia-based crowns: A systematic review. *The International Journal of Prosthodontics*; 27: 33-43; 2014.

215. Le M., Papia E., Larsson C. The clinical success of tooth- and implant-supported zirconia-based fixed dental prostheses: A systematic review. *Journal of Oral Rehabilitation*; 42: 467-480; 2015.

216. Lekholm U., Gröndahl K., Jemt T. Outcome of oral implant treatment in partially edentulous jaws followed 20 years in clinical function. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 8: 178-186; 2006.

217. Lekholm U., Gunne J., Henry P., Higuchi K., Lindén U., Bergström C., van Steenberghe D. Survival of the Brånemark implant in partially edentulous jaws: A 10-year prospective multicenter study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 14: 639-645; 1999.

218. Levartovsky S., Arieli A., Fridenberg N., Matalon S., Pilo R. Survival and success rates of soft-milled cobalt-chromium-ceramic full-arch screw-retained implant-supported prostheses: A 2- to 7-year follow-up retrospective study. *Clinical Oral Investigations*; 25: 5341-5350; 2021.

219. Levin L., Sadet P., Grossmann Y. A retrospective evaluation of 1,387 single-tooth implants: A 6-year follow-up. *Journal of Periodontology*; 77: 2080-2083; 2006.

220. Lian M., Zhao K., Feng Y., Yao Q. Prognosis of combining remaining teeth and implants in double-crown-retained removable dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 33: 281–297; 2018.

221. Lian M., Zhao K., Wang F., Huang W., Zhang X., Wu Y. Stud vs. bar attachments for maxillary four-implant-supported overdentures: 3- to 9-year results from a retrospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 34: 936–946; 2019.

222. Lima L. B., de Freitas N. R., Novais V. R., Simamoto Júnior P. C. Impact of implant number on mandibular implant-supported profile prostheses: A systematic review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 33: 795-807; 2018.

223. Lindh T., Gunne J., Tillberg A., Molin M. A meta-analysis of implants in partial edentulism. *Clinical Oral Implants Research*; 9: 80-90; 1998.

224. Lombardi T., Berton F., Salgarello S., Barbalonga E., Rapani A., Piovesana F., Gregorio C., Barbati G., Di Lenarda R., Stacchi C. Factors influencing early marginal bone loss around dental implants positioned subcrestally: A multicenter prospective clinical study. *Journal of Clinical Medicine*; 8: 2019.

225. Lops D., Bressan E., Chiapasco M., Rossi A., Romeo E. Zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implant prostheses after 5 years of function in posterior regions. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 28: 281-287; 2013.

226. Ma S., Tawse-Smith A., De Silva R. K., Atieh M. A., Alsabeeha N. H., Payne A. G. Maxillary three-implant overdentures opposing mandibular two-implant overdentures: 10-year surgical outcomes of a randomized controlled trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 18: 527-544; 2016.

227. Machado Rafael, ThomÉ Geninho, Rocha Bernardes Sérgio, Melo Ana. Morse taper implant macrodesign, loading protocol and site of installation - retrospective study of 5,601 implants. *Revista de Odontologia da UNESP*; 48: 2019.

228. Mackert J., El-Shewy M., Pannu D., Schoenbaum T. Prosthetic complications and survival rates of metal-acrylic implant fixed complete dental prostheses: A retrospective study up to 10 years. *The Journal of Prosthetic Dentistry*: 2022.

229. Makkonen T. A., Holmberg S., Niemi L., Olsson C., Tammisalo T., Peltola J. A 5-year prospective clinical study of Astra Tech dental implants supporting fixed bridges or overdentures in the edentulous mandible. *Clinical Oral Implants Research*; 8: 469-475; 1997.

230. Maló P., de Araújo Nobre M., Lopes A., Ferro A., Gravito I. Single-tooth rehabilitations supported by dental implants used in an immediate-provisionalization protocol: Report on long-term outcome with retrospective follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 2: e511-519; 2015.

231. Mañes Ferrer J. F., Fernández-Estevan L., Selva-Otaolaurruchi E., Labaig-Rueda C., Solá-Ruíz M. F., Agustín-Panadero R. Maxillary implant-supported overdentures: Mechanical behavior comparing individual axial and bar retention systems: A cohort study of edentulous patients. *Medicina*; 56; 2020.

232. Mangano C., Iaculli F., Piattelli A., Mangano F. Fixed restorations supported by Morse-taper connection implants: A retrospective clinical study with 10-20 years of follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 26: 1229-1236; 2015.

233. Mangano F., Bakaj R., Frezzato I., Frezzato A., Montini S., Mangano C. Morse Taper connection implants placed in grafted sinuses in 65 patients: A retrospective clinical study with 10 years of follow-up. *International Journal of Dentistry*; 1-8; 2017.

234. Mangano F. G., Caprioglio A., Levrini L., Farronato D., Zecca P. A., Mangano C. Immediate loading of mandibular overdentures supported by one-piece, direct metal laser sintering mini-implants: A short-term prospective clinical study. *Journal of Periodontology*; 86: 192-200; 2015.

235. Mangano F. G., Shibli J. A., Sammons R. L., Iaculli F., Piattelli A., Mangano C. Short (8-mm) locking-taper implants supporting single crowns in posterior region: A prospective clinical study with 1- to 10-years of follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 25: 933-940; 2014.

236. Mangano F., Luongo F., Shibli J. A., Anil S., Mangano C. Maxillary overdentures supported by four splinted direct metal laser sintering implants: A 3-year prospective clinical study. *International Journal of Dentistry*; 1-7; 2014.

237. Mangano F., Macchi A., Caprioglio A., Sammons R. L., Piattelli A., Mangano C. Survival and complication rates of fixed restorations supported by locking-taper implants: A prospective study with 1 to 10 years of follow-up. *Journal of Prosthodontics*; 23: 434-444; 2014.

238. Manolagas S. C. From estrogen-centric to aging and oxidative stress: A revised perspective of the pathogenesis of osteoporosis. *Endocrine Reviews*; 31: 266-300; 2010.

239. Manolagas S. C., Almeida M. Gone with the Wnts: Beta-catenin, T-cell factor, forkhead box O, and oxidative stress in age-dependent diseases of bone, lipid and glucose metabolism. *Molecular Endocrinology*; 21: 2605-2614; 2007.

240. Marotti J., Gatzweiler B., Wolfart M., Sasse M., Kern M., Wolfart S. Implant placement under existing removable dental prostheses and the effect on follow-up and prosthetic maintenance. *Journal of Prosthodontics*; 28: e752-e763; 2019.

241. Matthys C., Vervaeke S., Besseler J., De Bruyn H. Five-year study of mandibular overdentures on stud abutments: Clinical outcome, patient satisfaction and prosthetic maintenance-influence of bone resorption and implant position. *Clinical Oral Implants Research*; 30: 940-951; 2019.

242. Matthys C., Vervaeke S., Besseler J., Doornewaard R., Dierens M., De Bruyn H. Five years follow-up of mandibular 2-implant overdentures on locator or ball abutments: Implant results, patient-related outcome, and prosthetic aftercare. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 21: 835-844; 2019.

243. Mengel R., Behle M., Flores-de-Jacoby L. Osseointegrated implants in subjects treated for generalized aggressive periodontitis: 10-year results of a prospective, long-term cohort study. *Journal of Periodontology*; 78: 2229-2237; 2007.

244. Mengel R., Schröder T., Flores-de-Jacoby L. Osseointegrated implants in patients treated for generalized chronic periodontitis and generalized aggressive periodontitis: 3- and 5-year results of a prospective long-term study. *Journal of Periodontology*; 72: 977-989; 2001.

245. Menini M., Bagnasco F., Pera P., Tealdo T., Pesce P. Brånemark N. Immediate loading rehabilitation of edentulous mandibles: Case series with a 16-year follow-up. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 39: 729-735; 2019.

246. Mericske-Stern R., Grütter L., Rösch R., Mericske E. Clinical evaluation and prosthetic complications of single tooth replacements by non-submerged implants. *Clinical Oral Implants Research*; 12: 309-318; 2001.

247. Mericske-Stern R., Oetterli M., Kiener P., Mericske E. A follow-up study of maxillary implants supporting an overdenture: Clinical and radiographic results. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 17: 678-686; 2002.

248. Mericske-Stern R., Probst D., Fahrländer F., Schellenberg M. Within-subject comparison of two rigid bar designs connecting two interforaminal implants: Patients' satisfaction and prosthetic results. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 11: 228-237; 2009.

249. Mertens C., Steveling H. G. Implant-supported fixed prostheses in the edentulous maxilla: 8-year prospective results. *Clinical Oral Implants Research*; 22: 464-472; 2011.

250. Mo A., Hjortsjö C., Jokstad A. Maxillary overdenture on three implants retained by low-profile stud attachments: A prospective cohort study. *Journal of Oral Rehabilitation*; 49: 1069-1079; 2022.

251. Mo A., Hjortsjö C., Olsen-Bergem H., Jokstad A. Maxillary 3-implant removable prostheses without palatal coverage on locator abutments: A case series. *Clinical Oral Implants Research*; 27: 1193-1199; 2016.

252. Mohanty R., Sudan P. S., Dharamsi A. M., Mokashi R., Misurya A. L., Kaushal P. Risk assessment in long-term survival rates of dental implants: A prospective clinical study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*; 19: 587-590; 2018.

253. Monaco C., Caldari M., Scotti R. Clinical evaluation of zirconia-based restorations on implants: A retrospective cohort study from the AIOP clinical research group. *The International Journal of Prosthodontics*; 28: 239-242; 2015.

254. Moraschini V., Velloso G., Luz D., Cavalcante D. M., Barboza Edos S. Fixed rehabilitation of edentulous mandibles using 2 to 4 implants: A systematic review. *Implant Dentistry*; 25: 435-444; 2016.

255. Muddugangadhar B. C., Amarnath G. S., Sonika R., Chheda P. S., Garg A. Meta-analysis of failure and survival rate of implant-supported single crowns, fixed partial denture, and implant tooth-supported prostheses. *Journal of International Oral Health*; 7: 11-17; 2015.

256. Naeini E. N., De Bruyn H., Bronkhorst E. M., D' Haese J. Case series on the long-term effect of three different types of maxillary implant-supported overdentures on clinical outcomes and complications. *Journal of Clinical Medicine*; 11: 2022.

257. Naert I. E., Duyck J. A., Hosny M. M., Van Steenberghe D. Freestanding and tooth-implant connected prostheses in the treatment of partially edentulous patients. Part I: An up to 15-years clinical evaluation. *Clinical Oral Implants Research*; 12: 237-244; 2001.

258. Naert I. E., Gizani S., Vuylsteke M., van Steenberghe D. A randomised clinical trial on the influence of splinted and unsplinted oral implants in mandibular overdenture therapy: A 3-year report. *Clinical Oral Investigations*; 1: 81-88; 1997.

259. Naert I., Gizani S., van Steenberghe D. Rigidly splinted implants in the resorbed maxilla to retain a hinging overdenture: A series of clinical reports for up to 4 years. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 79: 156-164; 1998.

260. Naert I., Koutsikakis G., Duyck J., Quirynen M., Jacobs R., van Steenberghe D. Biologic outcome of single-implant restorations as tooth replacements: A long-term follow-up study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 2: 209-218; 2000.

261. Naert I., Koutsikakis G., Duyck J., Quirynen M., Jacobs R., van Steenberghe D. Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. Part I: A longitudinal clinical evaluation. *Clinical Oral Implants Research*; 13: 381-389; 2002.

262. Naert I., Koutsikakis G., Quirynen M., Duyck J., van Steenberghe D., Jacobs R. Biologic outcome of implant-supported restorations in the treatment of partial edentulism. Part 2: A longitudinal radiographic study. *Clinical Oral Implants Research*; 13: 390-395; 2002.

263. Nejatidanesh F., Moradpoor H., Savabi O. Clinical outcomes of zirconia-based implant- and tooth-supported single crowns. *Clinical Oral Investigations*; 20: 169-178; 2016.

264. Nelson K., Glatzer C., Hildebrand D., Hell B., Klein M. Clinical evaluation of endosseous implants in nonvascularized fibula bone grafts for reconstruction of the severely atrophied mandibular bone. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 64: 1427-1432; 2006.

265. Nelson K., Heberer S., Glatzer C. Survival analysis and clinical evaluation of implant-retained prostheses in oral cancer resection patients over a mean follow-up period of 10 years. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 98: 405-410; 2007.

266. Norton M. R. Biologic and mechanical stability of single-tooth implants: 4- to 7-year follow-up. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 3: 214-220; 2001.

267. Norton M. R. Multiple single-tooth implant restorations in the posterior jaws: Maintenance of marginal bone levels with reference to the implant-abutment microgap. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 21: 777-784; 2006.

268. Ntounis A., Patras M., Pelekanos S., Polyzois G. Treatment of hemi-mandibulectomy defect with implant-supported telescopic removable prosthesis: A clinical report. *Journal of Prosthodontics*; 22: 501-505; 2013.

269. Olsson M., Gunne J., Astrand P., Borg K. Bridges supported by free-standing implants versus bridges supported by tooth and implant: A five-year prospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 114-121; 1995.

270. Ormianer Z., Palti A. Long-term clinical evaluation of tapered multi-threaded implants: Results and influences of potential risk factors. *The Journal of Oral Implantology*; 32: 300-307; 2006.

271. Ormianer Z., Piek D., Livne S., Lavi D., Zafrir G., Palti A., Harel N. Retrospective clinical evaluation of tapered implants: 10-year follow-up of delayed and immediate placement of maxillary implants. *Implant Dentistry*; 21: 350-356; 2012.

272. Ortensi L., Martinolli M., Borromeo C., Ceruso F. M., Gargari M., Xhanari E., Tallarico M. Effectiveness of ball attachment systems in implant retained- and supported-overdentures: A three- to five-year retrospective examination. *Dentistry Journal*; 7: 2019.

273. Ortorp A., Jemt T. Clinical experiences with laser-welded titanium frameworks supported by implants in the edentulous mandible: A 10-year follow-up study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 8: 198-209; 2006.

274. Ortorp A., Jemt T. Laser-welded titanium frameworks supported by implants in the partially edentulous mandible: A 10-year comparative follow-up study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 10: 128-139; 2008.

275. Ortorp A., Jemt T. Early laser-welded titanium frameworks supported by implants in the edentulous mandible: A 15-year comparative follow-up study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 11: 311-322; 2009.

276. Palmer R. M., Palmer P. J., Smith B. J. A 5-year prospective study of Astra single tooth implants. *Clinical Oral Implants Research*; 11: 179-182; 2000.

277. Papaspyridakos P., Barizan Bordin T., Kim Y. J., DeFuria C., Pagni S. E., Chochlidakis K., Rolim Teixeira E., Weber H. P. Implant survival rates and biologic complications with implant-supported fixed complete dental prostheses: A retrospective study with up to 12-year follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 29: 881-893; 2018.

278. Papaspyridakos P., Bordin T. B., Kim Y. J., El-Rafie K., Pagni S. E., Natto Z. S., Teixeira E. R., Chochlidakis K., Weber H. P. Technical complications and

prosthesis survival rates with implant-supported fixed complete dental prostheses: A retrospective study with 1- to 12-year follow-up. *Journal of Prosthodontics*; 29: 3-11; 2020.

279. Papaspyridakos P., Chen C. J., Chuang S. K., Weber H. P., Gallucci G. O. A systematic review of biologic and technical complications with fixed implant rehabilitations for edentulous patients. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 27: 102-110; 2012.

280. Parein A. M., Eckert S. E., Wollan P. C., Keller E. E. Implant reconstruction in the posterior mandible: A long-term retrospective study. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 78: 34-42; 1997.

281. Park W. B., Kwon K. H., Hwang K. G., Han J. Y. Risk indicators affecting the survival of the mandibular first molar adjacent to an implant at the mandibular second molar site: A retrospective study. *Journal of Clinical Medicine*; 10: 2021.

282. Passia N., Wolfart S., Kern M. Ten-year clinical outcome of single implant-retained mandibular overdentures: A prospective pilot study. *Journal of Dentistry*; 82: 63-65; 2019.

283. Perelli M., Abundo R., Corrente G., Saccone C. Short (5 and 7 mm long) porous implants in the posterior atrophic maxilla: A 5-year report of a prospective single-cohort study. *European Journal of Oral Implantology*; 5: 265-272; 2012.

284. Pieralli S., Kohal R. J., Rabel K., von Stein-Lausnitz M., Vach K., Spies B. C. Clinical outcomes of partial and full-arch all-ceramic implant-supported fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*; 18: 224-236; 2018.

285. Pjetursson B. E., Asgeirsson A. G., Zwahlen M., Sailer I. Improvements in implant dentistry over the last decade: Comparison of survival and complication rates in older and newer publications. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 308-324; 2014.

286. Pjetursson B. E., Brägger U., Lang N. P., Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clinical Oral Implants Research*; 3: 97-113; 2007.

287. Pjetursson B. E., Sailer I., Latyshev A., Rabel K., Kohal R. J., Karasan D. A systematic review and meta-analysis evaluating the survival, the failure, and the complication rates of veneered and monolithic all-ceramic implant-supported single crowns. *Clinical Oral Implants Research*; 21: 254-288; 2021.

288. Pjetursson B. E., Tan K., Lang N. P., Brägger U., Egger M., Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clinical Oral Implants Research*; 15: 625-642; 2004.

289. Pjetursson B. E., 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. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 22-38; 2012.

290. Pjetursson B. E., Valente N. A., Strasding M., Zwahlen M., Liu S., Sailer I. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and

metal-ceramic single crowns. *Clinical Oral Implants Research*; 16: 199-214; 2018.

291. Pol C. W. P., Raghoebar G. M., Kerdijk W., Boven G. C., Cune M. S., Meijer H. J. A. A systematic review and meta-analysis of 3-unit fixed dental prostheses: Are the results of 2 abutment implants comparable to the results of 2 abutment teeth? *Journal of Oral Rehabilitation*; 45: 147-160; 2018.

292. Polizzi G., Fabbro S., Furri M., Herrmann I., Squarzoni S. Clinical application of narrow Brånemark System implants for single-tooth restorations. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 14: 496-503; 1999.

293. Pompa G., Saccucci M., Di Carlo G., Brauner E., Valentini V., Di Carlo S., Gentile T., Guarino G., Polimeni A. Survival of dental implants in patients with oral cancer treated by surgery and radiotherapy: A retrospective study. *BMC Oral Health*; 15: 5; 2015.

294. Pozzi A., Agliardi E., Tallarico M., Barlattani A. Clinical and radiological outcomes of two implants with different prosthetic interfaces and neck configurations: Randomized, controlled, split-mouth clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 16: 96-106; 2014.

295. Priest G. Single-tooth implants and their role in preserving remaining teeth: A 10-year survival study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 14: 181-188; 1999.

296. Purcell B. A., McGlumphy E. A., Holloway J. A., Beck F. M. Prosthetic complications in mandibular metal-resin implant-fixed complete dental prostheses: A 5- to 9-year analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 23: 847-857; 2008.

297. Raes F., Eccellente T., Lenzi C., Ortolani M., Luongo G., Mangano C., Mangano F. Immediate functional loading of single implants: A multicenter study with 4 years of follow-up. *Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects*; 12: 26-37; 2018.

298. Raghoebar G. M., Meijer H. J., Slot W., Slater J. J., Vissink A. A systematic review of implant-supported overdentures in the edentulous maxilla, compared to the mandible: How many implants? *European Journal of Oral Implantology*; 2: S191-201; 2014.

299. Raghoebar G. M., Schoen P., Meijer H. J., Stellingsma K., Vissink A. Early loading of endosseous implants in the augmented maxilla: A 1-year prospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 14: 697-702; 2003.

300. Rammelsberg P., Bernhart G., Lorenzo Bermejo J., Schmitter M., Schwarz S. Prognosis of implants and abutment teeth under combined tooth-implant-supported and solely implant-supported double-crown-retained removable dental prostheses. *Clinical Oral Implants Research*; 25: 813-818; 2014.

301. Rammelsberg P., Lorenzo-Bermejo J., Kappel S. Effect of prosthetic restoration on implant survival and success. *Clinical Oral Implants Research*; 28: 1296-1302; 2017.

302. Rammelsberg P., Lorenzo Bermejo J., Kappel S., Meyer A., Zenthöfer A. Long-term performance of implant-supported metal-ceramic and all-ceramic single crowns. *Journal of Prosthodontic Research*; 64: 332-339; 2020.

303. Rammelsberg P., Schwarz S., Schroeder C., Bermejo J. L., Gabbert O. Short-term complications of implant-supported and combined tooth-implant-supported fixed dental prostheses. *Clinical Oral Implants Research*; 24: 758-762; 2013.

304. Rasmusson L., Roos J., Bystedt H. A 10-year follow-up study of titanium dioxide-blasted implants. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 7: 36-42; 2005.

305. Ravidà A., Tattan M., Askar H., Barootchi S., Tavelli L., Wang H. L. Comparison of three different types of implant-supported fixed dental prostheses: A long-term retrospective study of clinical outcomes and cost-effectiveness. *Clinical Oral Implants Research*; 30: 295-305; 2019.

306. Rehmann P., Rudel K., Podhorsky A., Wöstmann B. Three-year analysis of fixed and removable telescopic attachment-retained implant-supported dental prostheses: Survival and need for maintenance. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 30: 918-924; 2015.

307. Rentsch-Kollar A., Huber S., Mericske-Stern R. Mandibular implant overdentures followed for over 10 years: Patient compliance and prosthetic maintenance. *The International Journal of Prosthodontics*; 23: 91-98; 2010.

308. Ridell A., Gröndahl K., Sennerby L. Placement of Brånemark implants in the maxillary tuber region: Anatomical considerations, surgical technique and long-term results. *Clinical Oral Implants Research*; 20: 94-98; 2009.

309. Rinke S., Rasing H., Gersdorff N., Buergers R., Roediger M. Implant-supported overdentures with different bar designs: A retrospective evaluation after 5-19 years of clinical function. *The Journal of Advanced Prosthodontics*; 7: 338-343; 2015.

310. Rinke S., Roediger M., Eickholz P., Lange K., Ziebolz D. Technical and biological complications of single-molar implant restorations. *Clinical Oral Implants Research*; 26: 1024-1030; 2015.

311. Rinke S., Ziebolz D., Ratka-Krüger P., Frisch E. Clinical outcome of double crown-retained mandibular removable dentures supported by a combination of residual teeth and strategic implants. *Journal of Prosthodontics*; 24: 358-365; 2015.

312. Roccuzzo A., Imber J. C., Marruganti C., Salvi G. E., Ramieri G., Roccuzzo M. Clinical outcomes of dental implants in patients with and without history of periodontitis: A 20-year prospective study. *Journal of Clinical Periodontology*; 49: 1346-1356; 2022.

313. Roccuzzo A., Morandini M., Stähli A., Imber J. C., Sculean A., Salvi G. E. Clinical and radiographic outcomes of implant-supported zirconia fixed dental prostheses with cantilever extension: A proof-of-principle study with a follow-up of at least 1 year. *Clinical Oral Implants Research*: 2023.

314. Rodriguez A. M., Orenstein I. H., Morris H. F., Ochi S. Survival of various implant-supported prosthesis designs following 36 months of clinical function. *Annals of Periodontology*; 5: 101-108; 2000.

315. Romeo E., Lops D., Margutti E., Ghisolfi M., Chiapasco M., Vogel G. Implant-supported fixed cantilever prostheses in partially edentulous arches: A seven-year prospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 14: 303-311; 2003.

316. Romeo E., Lops D., Margutti E., Ghisolfi M., Chiapasco M., Vogel G. Long-term survival and success of oral implants in the treatment of full and partial arches: A 7-year prospective study with the ITI dental implant system. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 19: 247-259; 2004.

317. Romeo E., Storelli S. Systematic review of the survival rate and the biological, technical, and aesthetic complications of fixed dental prostheses with cantilevers on implants reported in longitudinal studies with a mean of 5 years follow-up. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 39-49; 2012.

318. Romeo E., Tomasi C., Finini I., Casentini P., Lops D. Implant-supported fixed cantilever prosthesis in partially edentulous jaws: A cohort prospective study. *Clinical Oral Implants Research*; 20: 1278-1285; 2009.

319. Roumanas E. D., Markowitz B. L., Lorant J. A., Calcaterra T. C., Jones N. F., Beumer J. Reconstructed mandibular defects: Fibula free flaps and osseointegrated implants. *Plastic and Reconstructive Surgery*; 99: 356-365; 1997.

320. Sailer I., Mühlemann S., Zwahlen M., Hämmerle C. H., Schneider D. Cemented and screw-retained implant reconstructions: A systematic review of the survival and complication rates. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 163-201; 2012.

321. Sailer I., Strasding M., Valente N. A., Zwahlen M., Liu S., Pjetursson B. E. A systematic review of the survival and complication rates of zirconia-ceramic and metal-ceramic multiple-unit fixed dental prostheses. *Clinical Oral Implants Research*; 16: 184-198; 2018.

322. Salinas T., Eckert S. Implant-supported single crowns predictably survive to five years with limited complications. *The Journal of Evidence-Based Dental Practice*; 10: 56-57; 2010.

323. Salinas T. J., Desa V. P., Katsnelson A., Miloro M. Clinical evaluation of implants in radiated fibula flaps. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 68: 524-529; 2010.

324. Salinas T. J., Eckert S. E. In patients requiring single-tooth replacement, what are the outcomes of implant- as compared to tooth-supported restorations? *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 71-95; 2007.

325. Sánchez-Labrador L., Molinero-Mourelle P., Cortés-Bretón Brinkmann J., Prados-Frutos J. C., Gómez-Polo M., Martínez-González J. M. Clinical behavior and complications of mandibular full-arch fixed dental prostheses supported by three dental implants: A systematic review and meta-analysis. *Biology*; 10: 2021.

326. Saponaro P. C., Karasan D., Donmez M. B., Johnston W. M., Yilmaz B. Prosthetic complications with monolithic or micro-veneered implant-supported zirconia single-unit, multiple-unit, and complete-arch prostheses on titanium base abutments: A single center retrospective study with mean follow-up period of 72.35 months. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 25: 99-106; 2023.

327. Saridakis S. K., Wagner W., Noelken R. Retrospective cohort study of a tapered implant with high primary stability in patients with local and systemic risk factors-7-year data. *International Journal of Implant Dentistry*; 4: 41; 2018.

328. Scheller H., Urgell J. P., Kultje C., Klineberg I., Goldberg P. V., Stevenson-Moore P., Alonso J. M., Schaller M., Corria R. M., Engquist B., Toreskog S.,

Kastenbaum F., Smith C. R. A 5-year multicenter study on implant-supported single crown restorations. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 13: 212-218; 1998.

329. Schendera C. F. G. Regressionsanalyse mit SPSS. Berlin: *De Gruyter Oldenbourg*; 1. Auflage; 2008.

330. Scheuber S., Hicklin S., Brägger U. Implants versus short-span fixed bridges: Survival, complications, patients' benefits: A systematic review on economic aspects. *Clinical Oral Implants Research*; 6: 50-62; 2012.

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

332. Schmitt A., Zarb G. A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants for single-tooth replacement. *The International Journal of Prosthodontics*; 6: 197-202; 1993.

333. Schneider D., Witt L., Hämmerle C. H. F. Influence of the crown-to-implant length ratio on the clinical performance of implants supporting single crown restorations: A cross-sectional retrospective 5-year investigation. *Clinical Oral Implants Research*; 23: 169-174; 2012.

334. Schoen P. J., Reintsema H., Raghoebar G. M., Vissink A., Roodenburg J. L. The use of implant retained mandibular prostheses in the oral rehabilitation of head and neck cancer patients: A review and rationale for treatment planning. *Oral Oncology*; 40: 862-871; 2004.

335. Schwartz-Arad D., Kidron N., Dolev E. A long-term study of implants supporting overdentures as a model for implant success. *Journal of Periodontology*; 76: 1431-1435; 2005.

336. Schwartz-Arad D., Samet N., Samet N. Single tooth replacement of missing molars: A retrospective study of 78 implants. *Journal of Periodontology*; 70: 449-454; 1999.

337. Schwarz S., Bernhart G., Hassel A. J., Rammelsberg P. Survival of double-crown-retained dentures either tooth-implant or solely implant-supported: A 8-year retrospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 16: 618-625; 2014.

338. Schwarz S., Schröder C., Hassel A., Bömicke W., Rammelsberg P. Survival and chipping of zirconia-based and metal-ceramic implant-supported single crowns. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 1: e119-125; 2012.

339. Schwenzer N., Ehrenfeld M. Zahnärztliche Chirurgie - Kapitel 9: Zahnärztliche Implantate. Stuttgart: *Thieme Verlag*; 4.Auflage; 2009.

340. Sclaroff A., Haughey B., Gay W. D., Paniello R. Immediate mandibular reconstruction and placement of dental implants at the time of ablative surgery. *Oral Surgery, Oral Medicine and Oral Pathology*; 78: 711-717; 1994.

341. Seo J. G., Cho J. H. Clinical outcomes of rigid and non-rigid telescopic double-crown-retained removable dental prostheses: An analytical review. *The Journal of Advanced Prosthodontics*; 12: 38-48; 2020.

342. Shinogaya T., Sodeyama A., Matsumoto M. Bite force and occlusal load distribution in normal complete dentitions of young adults. *The European Journal of Prosthodontics and Restorative Dentistry*; 7: 65-70; 1999.

343. Shirota T., Ohno K., Suzuki K., Michi K. The effect of aging on the healing of hydroxylapatite implants. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 51: 51-56; 1993.

344. Simonis P., Dufour T., Tenenbaum H. Long-term implant survival and success: A 10-16-year follow-up of non-submerged dental implants. *Clinical Oral Implants Research*; 21: 772-777; 2010.

345. Singh R., Parihar A. S., Vaibhav V., Kumar K., Singh R., Jerry J. J. A 10 years retrospective study of assessment of prevalence and risk factors of dental implants failures. *Journal of Family Medicine and Primary Care*; 9: 1617-1619; 2020.

346. Sivolella S., Stellini E., Testori T., Di Fiore A., Berengo M., Lops D. Splinted and unsplinted short implants in mandibles: A retrospective evaluation with 5 to 16 years of follow-up. *Journal of Periodontology*; 84: 502-512; 2013.

347. Slot W., Raghoebar G. M., Cune M. S., Vissink A., Meijer H. J. Maxillary overdentures supported by four or six implants in the anterior region: 5-year results from a randomized controlled trial. *Journal of Clinical Periodontology*; 43: 1180-1187; 2016.

348. Slot W., Raghoebar G. M., Cune M. S., Vissink A., Meijer H. J. A. Four or six implants in the maxillary posterior region to support an overdenture: 5-year results from a randomized controlled trial. *Clinical Oral Implants Research*; 30: 169-177; 2019.

349. Slot W., Raghoebar G. M., Vissink A., Huddleston Slater J. J., Meijer H. J. A systematic review of implant-supported maxillary overdentures after a mean observation period of at least 1 year. *Journal of Clinical Periodontology*; 37: 98-110; 2010.

350. Song J. W., Leesungbok R., Park S. J., Chang S. H., Ahn S. J., Lee S. W. Analysis of crown size and morphology and gingival shape in the maxillary anterior dentition in Korean young adults. *The Journal of Advanced Prosthodontics*; 9: 315-320; 2017.

351. Sozialgesetzbuch V - Gesetzliche Krankenversicherung Abs. 1. und 2. § 28 Ärztliche und zahnärztliche Behandlung; 1988.

352. Srinivasan M., Meyer S., Mombelli A., Müller F. Dental implants in the elderly population: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*; 28: 920-930; 2017.

353. Sterrett J. D., Oliver T., Robinson F., Fortson W., Knaak B., Russell C. M. Width/length ratios of normal clinical crowns of the maxillary anterior dentition in man. *Journal of Clinical Periodontology*; 26: 153-157; 1999.

354. Storelli S., Del Fabbro M., Scanferla M., Palandrani G., Romeo E. Implant-supported cantilevered fixed dental rehabilitations in fully edentulous patients: Systematic review of the literature. Part II. *Clinical Oral Implants Research*; 18: 275-294; 2018.

355. Storelli S., Del Fabbro M., Scanferla M., Palandrani G., Romeo E. Implant supported cantilevered fixed dental rehabilitations in partially edentulous patients:

Systematic review of the literature. Part I. *Clinical Oral Implants Research*; 18: 253-274; 2018.

356. Stoumpis C., Kohal R. J. To splint or not to splint oral implants in the implant-supported overdenture therapy? A systematic literature review. *Journal of Oral Rehabilitation*; 38: 857-869; 2011.

357. Strong S. M. Success of unsplinted implant-retained removable mandibular and maxillary overdentures: A retrospective study of consecutive cases. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 35: 533-539; 2015.

358. Strub J. R., Türp J. C., Witkowski S., Hürzeler M. B., Kern M. Einführung in die dentale Implantologie - Versorgungskonzepte. In: Strub J. R., Türp J. C., Witkowski S., Hürzeler M. B., Kern M. (Hrsg.). Curriculum Prothetik Band III. Berlin: *Quintessenz Verlag*; 4. Auflage. Kapitel 41: 964; 2011.

359. Tallarico M., Ortensi L., Martinolli M., Casucci A., Ferrari E., Malaguti G., Montanari M., Scrascia R., Vaccaro G., Venezia P., Xhanari E., Rodriguez Y. Baena R. Multicenter retrospective analysis of implant overdentures delivered with different design and attachment systems: Results between one and 17 years of follow-up. *Dentistry Journal*; 6: 2018.

360. Tang Y., Yu H., Wang J., Gao M., Qiu L. Influence of crown-to-implant ratio and different prosthetic designs on the clinical conditions of short implants in posterior regions: A 4-year retrospective clinical and radiographic study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 22: 119-127; 2020.

361. Tang Y., Yu H., Wang J., Qiu L. Implant survival and complication prevalence in complete-arch implant-supported fixed dental prostheses: A retrospective study with a mean follow-up of 5 years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 38: 84-93; 2023.

362. Teichmann M., Göckler F., Weber V., Yildirim M., Wolfart S., Edelhoff D. Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *Journal of Dentistry*; 56: 65-77; 2017.

363. Tey V. H. S., Phillips R., Tan K. Five-year retrospective study on success, survival and incidence of complications of single crowns supported by dental implants. *Clinical Oral Implants Research*; 28: 620-625; 2017.

364. Thompson D. M., Lee H. M., Stoner J. A., Golub L. M., Nummikoski P. V., Payne J. B. Loss of alveolar bone density in postmenopausal, osteopenic women is associated with circulating levels of gelatinases. *Journal of Periodontal Research*; 54: 525-532; 2019.

365. Tolstunov L. Implant zones of the jaws: Implant location and related success rate. *The Journal of Oral Implantology*; 33: 211-220; 2007.

366. Toneatti D. J., Graf R. R., Burkhard J. P., Schaller B. Survival of dental implants and occurrence of osteoradionecrosis in irradiated head and neck cancer patients: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Investigations*; 25: 5579-5593; 2021.

367. Traini T., Assenza B., San Roman F., Thams U., Caputi S., Piattelli A. Bone microvascular pattern around loaded dental implants in a canine model. *Clinical Oral Investigations*; 10: 151-156; 2006.

368. Ülkü S. Z., Acun K: F., Uysal E., Gulsun B. Clinical evaluation of complications in implant-supported dentures: A 4-year retrospective study. *Medical Science Monitor*; 23: 6137-6143; 2017.

369. Urdaneta R. A., Rodriguez S., McNeil D. C., Weed M., Chuang S. K. The effect of increased crown-to-implant ratio on single-tooth locking-taper implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 25: 729-743; 2010.

370. van der Moolen P. L., Post B. J., Slot D. E., van der Weijden F. A. Outcome of peri-implant maintenance care in patients with an implant-supported lower denture: A 3.5-year retrospective analysis. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 23: 236-243; 2021.

371. Vanlıoğlu B., Özkan Y., Kulak-Özkan Y. Retrospective analysis of prosthetic complications of implant-supported fixed partial dentures after an observation period of 5 to 10 years. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 28: 1300-1304; 2013.

372. Vercruyssen M., Marcelis K., Coucke W., Naert I., Quirynen M. Long-term, retrospective evaluation (implant and patient-centred outcome) of the two-implants-supported overdenture in the mandible. Part 1: Survival rate. *Clinical Oral Implants Research*; 21: 357-365; 2010.

373. Verma R., Joda T., Brägger U., Wittneben J. G. A systematic review of the clinical performance of tooth-retained and implant-retained double crown prostheses with a follow-up of ≥ 3 years. *Journal of Prosthodontics*; 22: 2-12; 2013.

374. Vigolo P., Givani A. Platform-switched restorations on wide-diameter implants: A 5-year clinical prospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 24: 103-109; 2009.

375. Vigolo P., Gracis S., Carboncini F., Mutinelli S. Internal- vs. external-connection single implants: A retrospective study in an Italian population treated by certified prosthodontists. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 31: 1385-1396; 2016.

376. Vigolo P., Mutinelli S., Zaccaria M., Stellini E. Clinical evaluation of marginal bone level change around multiple adjacent implants restored with splinted and nonsplinted restorations: A 10-year randomized controlled trial. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 30: 411-418; 2015.

377. Visser A., Raghoebar G. M., Meijer H. J., Meijndert L., Vissink A. Care and aftercare related to implant-retained dental crowns in the maxillary aesthetic region: A 5-year prospective randomized clinical trial. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 13: 157-167; 2011.

378. Visser A., Raghoebar G. M., Meijer H. J., Vissink A. Implant-retained maxillary overdentures on milled bar suprastructures: A 10-year follow-up of surgical and prosthetic care and aftercare. *The International Journal of Prosthodontics*; 22: 181-192; 2009.

379. von Stein-Lausnitz M., Nickenig H. J., Wolfart S., Neumann K., von Stein-Lausnitz A., Spies B. C., Beuer F. Survival rates and complication behaviour of

tooth implant-supported, fixed dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*; 88: 103167; 2019.

380. Walton T. R. An up-to-15-year comparison of the survival and complication burden of three-unit tooth-supported fixed dental prostheses and implant-supported single crowns. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 30: 851-861; 2015.

381. Wang F., Monje A., Huang W., Zhang Z., Wang G., Wu Y. Maxillary four implant-retained overdentures via locator attachment: Intermediate-term results from a retrospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 18: 571-579; 2016.

382. Wang J. H., Judge R., Bailey D. A 5-year retrospective assay of implant treatments and complications in private practice: The restorative complications of single and short-span implant-supported fixed prostheses. *The International Journal of Prosthodontics*; 29: 435-444; 2016.

383. Wang T. M., Leu L. J., Wang J., Lin L. D. Effects of prosthesis materials and prosthesis splinting on peri-implant bone stress around implants in poor-quality bone: A numeric analysis. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 17: 231-237; 2002.

384. Watzek G., Weber R., Bernhart T., Ulm C., Haas R. Treatment of patients with extreme maxillary atrophy using sinus floor augmentation and implants: Preliminary results. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*; 27: 428-434; 1998.

385. Weigl P., Saarepera K., Hinrikus K., Wu Y., Trimpou G., Lorenz J. Screw-retained monolithic zirconia vs. cemented porcelain-fused-to-metal implant crowns: A prospective randomized clinical trial in split-mouth design. *Clinical Oral Investigations*; 23: 1067-1075; 2019.

386. Weigl P., Trimpou G., Grizas E., Hess P., Nentwig G. H., Lauer H. C., Lorenz J. All-ceramic versus titanium-based implant supported restorations: Preliminary 12-months results from a randomized controlled trial. *The Journal of Advanced Prosthodontics*; 11: 48-54; 2019.

387. Weischer T., Mohr C. Implant-supported mandibular telescopic prostheses in oral cancer patients: An up to 9-year retrospective study. *The International Journal of Prosthodontics*; 14: 329-334; 2001.

388. Weng D., Richter E. J. Maxillary removable prostheses retained by telescopic crowns on two implants or two canines. *The International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*; 27: 35-41; 2007.

389. Wennerberg A., Jemt T. Complications in partially edentulous implant patients: A 5-year retrospective follow-up study of 133 patients supplied with unilateral maxillary prostheses. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 1: 49-56; 1999.

390. Wennström J. L., Ekestubbe A., Gröndahl K., Karlsson S., Lindhe J. Oral rehabilitation with implant-supported fixed partial dentures in periodontitis-susceptible subjects: A 5-year prospective study. *Journal of Clinical Periodontology*; 31: 713-724; 2004.

391. Wennström J. L., Ekestubbe A., Gröndahl K., Karlsson S., Lindhe J. Implant-supported single-tooth restorations: A 5-year prospective study. *Journal of Clinical Periodontology*; 32: 567-574; 2005.

392. Wenz H.-J., Hellwig E. Zahnärztliche Propädeutik: Einführung in die Zahnheilkunde. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; 14. Auflage; 2018.

393. Widbom C., Söderfeldt B., Kronström M. A retrospective evaluation of treatments with implant-supported maxillary overdentures. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 7: 166-172; 2005.

394. Wittneben J. G., Buser D., Salvi G. E., Bürgin W., Hicklin S., Brägger U. Complication and failure rates with implant-supported fixed dental prostheses and single crowns: A 10-year retrospective study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 16: 356-364; 2014.

395. Wittneben J. G., Millen C., Brägger U. Clinical performance of screw- versus cement-retained fixed implant-supported reconstructions: A systematic review. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 84-98; 2014.

396. Wolf F., Spoerl S., Gottsauner M., Klingelhöffer C., Spanier G., Kolbeck C., Reichert T. E., Hautmann M. G., Ettl T. Significance of site-specific radiation dose and technique for success of implant-based prosthetic rehabilitation in irradiated head and neck cancer patients: A cohort study. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 23: 444-455; 2021.

397. Wolfart S., Wolf K., Brunzel S., Wolfart M., Caliebe A., Kern M. Implant placement under existing removable dental prostheses and its effect on masticatory performance. *Clinical Oral Investigations*; 20: 2447-2455; 2016.

398. Wolleb K., Sailer I., Thoma A., Menghini G., Hammerle C. H. Clinical and radiographic evaluation of patients receiving both tooth- and implant-supported prosthodontic treatment after 5 years of function. *The International Journal of Prosthodontics*; 25: 252-259; 2012.

399. Worni A., Kolgeci L., Rentsch-Kollar A., Katsoulis J., Mericske-Stern R. Zirconia-based screw-retained prostheses supported by implants: A retrospective study on technical complications and failures. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 17: 1073-1081; 2015.

400. Wyatt C. C., Zarb G. A. Treatment outcomes of patients with implant-supported fixed partial prostheses. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 13: 204-211; 1998.

401. Yerit K. C., Posch M., Seemann M., Hainich S., Dörtbudak O., Turhani D., Ozyuvaci H., Watzinger F., Ewers R. Implant survival in mandibles of irradiated oral cancer patients. *Clinical Oral Implants Research*; 17: 337-344; 2006.

402. Yilmaz B., Seidt J. D., McGlumphy E. A., Clelland N. L. Comparison of strains for splinted and nonsplinted screw-retained prostheses on short implants. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 26: 1176-1182; 2011.

403. Yokoyama S., Wakabayashi N., Shiota M., Ohyama T. Stress analysis in edentulous mandibular bone supporting implant-retained 1-piece or multiple superstructures. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 20: 578-583; 2005.

404. Zafiropoulos G. G., Abuzayeda M., Murray C. A., Baig M. R. Double crown-retained removable prostheses supported by implants or teeth and implants: A long-term clinical retrospective evaluation. *Medical Principles and Practice*; 32: 61-70; 2023.

405. Zarb G. A., Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants in anterior partially edentulous patients. *The International Journal of Prosthodontics*; 6: 180-188; 1993.

406. Zarb G. A., Schmitt A. The longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants in posterior partially edentulous patients. *The International Journal of Prosthodontics*; 6: 189-196; 1993.

407. Zarone F., Sorrentino R., Vaccaro F., Russo S., De Simone G. Retrospective clinical evaluation of 86 Procera AllCeram anterior single crowns on natural and implant-supported abutments. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*; 1: S95-103; 2005.

408. Ziegler A., Lange S., Bender R. Survival analysis: Cox regression. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*; 132: 42-44; 2007.

409. Ziegler A., Lange S., Bender R. Survival analysis: Log rank test. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*; 132: 39-41; 2007.

410. Ziegler A., Lange S., Bender R. Survival analysis: Properties and Kaplan-Meier method. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*; 132: 36-38; 2007.

411. Zierden K., Grau L. S., Wöstmann B., Rehmann P. Clinical outcomes of implant-supported dental prostheses: A retrospective analysis considering patient-related factors. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 36: 985-991; 2021.

412. Zierden K., Wöstmann B., Rehmann P. Which patient-related factors influence the outcome of telescopic-retained removable implant-supported dental prostheses in edentulous patients? *The International Journal of Prosthodontics*; 35: 690-696; 2022.

413. Zinsli B., Sägesser T., Mericske E., Mericske-Stern R. Clinical evaluation of small-diameter ITI implants: A prospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 19: 92-99; 2004.

414. Zitzmann N. U., Marinello C. P. Treatment outcomes of fixed or removable implant-supported prostheses in the edentulous maxilla. Part I: Patients' assessments. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 83: 424-433; 2000.

415. Zitzmann N. U., Marinello C. P. Treatment outcomes of fixed or removable implant-supported prostheses in the edentulous maxilla. Part II: Clinical findings. *The Journal of Prosthetic Dentistry*; 83: 434-442; 2000.

416. Zou D., Wang F., Wu Y., Huang W., Zhang C., Zhang Z. Implant-supported telescopic crown-retained overdentures for oral rehabilitation of patients with severe bony defects: A 5-year retrospective study. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*; 30: 937-944; 2015.

417. Zou D., Wu Y., Huang W., Wang F., Wang S., Zhang Z., Zhang Z. A 3-year prospective clinical study of telescopic crown, bar, and locator attachments for removable four implant-supported maxillary overdentures. *The International Journal of Prosthodontics*; 26: 566-573; 2013.

418. Zurdo J., Romão C., Wennström J. L. Survival and complication rates of implant-supported fixed partial dentures with cantilevers: A systematic review. *Clinical Oral Implants Research*; 4: 59-66; 2009.

419. Zwiener I., Blettner M., Hommel G. Survival analysis. *Deutsches Ärzteblatt International*; 108: 163-169; 2011.

12 Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, und dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt wurde. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren.
Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware beziehungsweise ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Gießen, 24.04.2024

Ort, Datum

Unterschrift

13 Danksagung

Ein herzlicher Dank gebührt in erster Linie meinem Doktorvater und Betreuer, *Professor Dr. Peter Rehmann*. Seine Bereitstellung des Forschungsthemas, die beständige Motivation und das in mich gesetzte Vertrauen haben maßgeblich zu dieser Arbeit beigetragen. Danke für Ihre herzliche und unterstützende Art in allen Belangen.

Meine aufrichtige Dankbarkeit gilt auch Herrn *Professor Dr. Bernd Wöstmann* dafür, dass er die Erstellung dieser Arbeit ermöglicht und mir die Gelegenheit gegeben hat, in dieser Abteilung mitzuarbeiten.

Weiterer Dank gilt *Frau Dr. Karina Zierden* für ihre Ratschläge und Hilfsbereitschaft.

Dr. Johannes Herrmann danke ich für die Ausführung der statistischen Analyse.

Für die technische Hilfe danke ich *Dipl.-Ing. Michael Köhl.*

Meinen geschätzten *Kollegen* möchte ich meinen herzlichen Dank für die freundschaftliche Unterstützung in sämtlichen Angelegenheiten aussprechen.

Meiner besten Freundin *Lisa-Maria Inderthal* danke ich dafür, dass sie schon während des Studiums immer mit aufbauenden Worten an meiner Seite stand und für die aufmerksame Korrektur meiner Dissertation.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner lieben Kollegin und engen Freundin *Marie-Christin Lehmann* die mich seit dem ersten Tag des Studiums begleitet, ermutigt und jederzeit ein offenes Ohr für mich hat. Danke für deine Unterstützung während der Verfassung dieser Arbeit, danke für unsere Freundschaft.

Mein größter Dank gilt meinen *Eltern* und meinem Freund *Nico.* Euer bedingungsloser Rückhalt, eure motivierenden und aufbauenden Worte und euer unbegrenztes Vertrauen in mich während meines Studiums sind unbezahlbar. Ohne euch wäre dieser Weg nicht möglich gewesen. Dafür bin ich euch für immer von Herzen dankbar.

14 Lebenslauf

Der Inhalt wurde aus Datenschutzgründen entfernt.

édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978 3 8359 7185 1

Graphic cover: © www3d @ stock.adobe.com