

Klinische Bewährung von Freiendbrücken unter besonderer Berücksichtigung der gesetzlichen Vorgaben in der vertragszahnärztlichen Versorgung

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin

des Fachbereichs Medizin

der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Rau, Katharina Maria

aus Heidelberg

Gießen 2025

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. Sameh Attia, M.Sc.

Tag der Disputation: 23.04.2026

Meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Ziel der Arbeit	3
3	Fragestellung	4
4	Literaturübersicht	5
4.1	Ursachen von Zahnverlust	5
4.1.1	Übersicht zu festsitzenden Brückenkonstruktionen	7
4.1.2	Voraussetzungen für festsitzende Brückenkonstruktionen	8
4.2	Freiendbrücken.....	10
4.3	Klinischer Langzeiterfolg von Freiendbrücken	11
4.4	Beeinflussende Parameter des Langzeiterfolges von Freiendbrücken.....	28
4.4.1	Alter des Patienten	28
4.4.2	Geschlecht des Patienten	29
4.4.3	Lokalisation der Freiendbrücke (Ober-/Unterkiefer)	30
4.4.4	Gegenkieferbezahnung.....	31
4.4.5	Pfeileranzahl der untersuchten Freiendbrücken	32
4.4.6	Art des Pfeilers (natürlicher Zahn/Implantat/Hybrid).....	33
4.4.7	Position des Freiedgliedes (mesial/distal)	34
4.4.8	Zahngruppe des Freiedgliedes.....	35
4.4.9	Häufigkeit des Recalls beziehungsweise der Nachuntersuchung	35
5	Material und Methode	38
5.1	Rahmenbedingungen.....	38
5.2	Datenerhebung	40
5.3	Statistische Verfahren	42
6	Ergebnisse	44

6.1	Gesamtbetrachtung.....	44
6.1.1	Altersverteilung.....	45
6.1.2	Geschlechterverteilung.....	46
6.1.3	Lokalisation der Freidendbrücke.....	46
6.1.4	Art der Gegenkieferbezahnung	46
6.1.5	Pfeileranzahl.....	46
6.1.6	Art des Pfeilers.....	47
6.1.7	Position des Freidendgliedes.....	48
6.1.8	Zahngruppe des Freidendgliedes.....	48
6.1.9	Recall/Nachuntersuchung.....	49
6.1.10	Ursachen für den Funktionsverlust der untersuchten Freidendbrücken.....	49
6.2	Klinische Bewährung von Freidendbrücken.....	50
6.2.1	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters.....	52
6.2.2	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes	53
6.2.3	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation	55
6.2.4	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Gegenkieferbezahnung	57
6.2.5	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Pfeileranzahl	59
6.2.6	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Art des Pfeilers.....	61
6.2.7	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Position des Freidendgliedes	63
6.2.8	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Zahngruppe des Freidendgliedes	66
6.2.9	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Recalls/der Nachuntersuchung.....	69
6.3	Cox-Regression – Freidendbrücken.....	71
7	Diskussion.....	72
7.1	Methodendiskussion.....	72

7.2	Ergebnisdiskussion.....	79
7.2.1	Überlebenswahrscheinlichkeit von Freundbrücken	79
7.2.2	Gründe für einen Funktionsverlust beziehungsweise eine Entfernung der Freundbrücke.....	82
7.2.3	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters.....	85
7.2.4	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes des Patienten.....	86
7.2.5	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation der Freundbrücke (Ober-/Unterkiefer).....	88
7.2.6	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaahnung	90
7.2.7	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Pfeileranzahl	91
7.2.8	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Art des Pfeilers.....	93
7.2.9	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Position des Freundgliedes	95
7.2.10	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Zahngruppe des Freundgliedes	96
7.2.11	Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Recallhäufigkeit beziehungsweise der Häufigkeit der Nachuntersuchung	97
7.3	Schlussfolgerung.....	99
8	Zusammenfassung.....	101
9	Summary	102
10	Darstellungsverzeichnis	103
10.1	Abbildungsverzeichnis.....	103
10.2	Tabellenverzeichnis	106
11	Literaturverzeichnis	107
12	Erklärung.....	118
13	Danksagung.....	119
14	Lebenslauf.....	120

Zur besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit das generische Maskulinum verwendet. Im Sinne der Gleichbehandlung gelten Personenbezeichnungen für alle Geschlechter (m/w/d) gleichermaßen.

1 Einleitung

Die Präventionsmaßnahmen der letzten Jahre in der Zahnmedizin schaffen für Zahnärztinnen und Zahnärzte mehr Möglichkeiten, festsitzenden Zahnersatz in Form von Kronen, Brücken und Implantaten nachhaltig zu verankern.²⁰

So behält ein Großteil der jüngeren Senioren im Alter zwischen 65 und 74 Jahren mehr Zähne als in den letzten 17 Jahren.²⁰

Der Kariesindex sank sowohl bei jüngeren Senioren im Alter von 65 bis 74 Jahren als auch bei jungen Erwachsenen im Alter von 35 bis 44 Jahren in Deutschland. Von 1997 bis 2014 reduzierte sich dieser bei jüngeren Senioren um 5,9 Zähne und bei jungen Erwachsenen um 4,9 Zähne. Darüber hinaus werden rückläufige Zahlen im Zusammenhang mit Parodontalerkrankungen in der deutschen Bevölkerung beobachtet. Im Jahr 2005 waren 17,4% der jungen Erwachsenen von einer schweren Parodontitis betroffen, bis zum Jahr 2014 sank dieser Anteil auf 8,2%. Bei jüngeren Senioren wurde ein Rückgang des Anteils mit schwerer Parodontitis von 44,1% auf 19,8% dokumentiert.²⁰

In der Literatur wird bereits im Jahr 1991 durch *Kerschbaum et al.*⁶⁶ beschrieben, dass der festsitzende Zahnersatz zu den besonders langlebigen Restaurationsformen zählt. Zudem stellt er einen entscheidenden Faktor für die Lebensqualität dar, da er eine höhere Patientenzufriedenheit hinsichtlich des Kaukomforts und der Ästhetik gegenüber dem herausnehmbaren Zahnersatz bietet.^{14, 15, 53, 79, 135, 143} Die Langzeitüberlebensdauer des Zahnersatzes hängt dabei maßgeblich von der richtigen Indikationsstellung im Hinblick auf die individuelle Patientensituation ab, sowie von der Möglichkeit einer adäquaten Mundhygiene. Eine adäquate Mundhygiene muss durch die Patientenmobilität realisierbar sein.⁴¹

Bei eingeschränkter Mobilität der Patienten wird meist ein herausnehmbarer, einfacher zu reinigender Zahnersatz empfohlen.⁴³

Da mit steigendem Alter zudem die Adaptationsfähigkeit an einen neuen Zahnersatz abnimmt, sollte der erste Schritt, wenn möglich, eine Anpassung des vorhandenen Zahnersatzes sein. Dies kann beispielsweise in Form einer Umarbeitung oder

Unterfütterung des vorhandenen Zahnersatzes stattfinden.⁴³ So werden zusätzlich lange Behandlungszeiten vermieden und Kosten gespart.

Demgegenüber sind Implantatversorgungen zwar sehr beliebt, da sie sowohl die Kaufunktion als auch die Ästhetik zufriedenstellend wiederherstellen, allerdings sind sie mit höheren Kosten und einer zusätzlichen Belastung durch eine umfangreichere und längere Behandlungsdauer verbunden.¹¹⁹ Um Kosten zu senken, die Morbidität zu begrenzen und größere chirurgische Eingriffe zu vermeiden, haben daher sogenannte Freidendbrücken zunehmend an Beliebtheit gewonnen.¹⁰⁸ In der Literatur werden bereits mögliche Einflussfaktoren wie die parodontale Gesundheit der Pfeilerzähne, die Position des Freidendgliedes und die Vitalität der Pfeilerzähne diskutiert.^{102, 105, 107, 115} Mit Hilfe dieser Studien konnte bereits festgestellt werden, dass Freidendbrücken auch bei reduziertem Knochen, beziehungsweise parodontal beeinträchtigten Verhältnissen, eine sinnvolle Versorgung darstellen können^{88, 105} und dass vitale Pfeilerzähne einen positiven Einfluss auf die Überlebensdauer der Freidendbrücken haben.^{27, 95, 102, 115}

2 Ziel der Arbeit

Mit der vorliegenden retrospektiven Longitudinalstudie sollte die klinische Bewährung von Freidendbrücken, unter Berücksichtigung verschiedener Einflussfaktoren und der gesetzlichen Vorgaben in der vertragszahnärztlichen Versorgung, untersucht werden.

Der Beobachtungszeitraum, in dem die Patienten in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität in Gießen mit den entsprechenden Arbeiten versorgt wurden, erstreckt sich von September 2005 bis Oktober 2024.

Im Folgenden sind die patientenspezifischen Parameter aufgelistet, die hierzu untersucht wurden:

- *Alter des Patienten*
- *Geschlecht des Patienten*
- *Lokalisation der Freidendbrücke*
- *Gegenkieferbezahnung*
- *Pfeileranzahl der untersuchten Freidendbrücken*
- *Art des Pfeilers*
- *Position des Freidendgliedes*
- *Zahngruppe des Freidendgliedes*
- *Recall/Nachuntersuchung*

Diese Parameter werden in Kapitel 5.2. dezidiert beschrieben.

3 Fragestellung

Die vertragszahnärztliche Versorgung sieht lediglich einen Ersatz „bis zur Prämolarenbreite und unter Einbeziehung von mindestens zwei Pfeilerzähnen“⁴² als Indikation einer Freidendbrücke zur Schließung von Schaltlücken vor. Zudem weist der Gemeinsame Bundesausschuss darauf hin, dass der Ersatz von Molaren und Eckzähnen in Schaltlücken als Freieinde ausgeschlossen ist.⁴² Diese Regelung ist Ausdruck eines Kompromisses, da unterschiedliche Ansichten zur Versorgung mit Freidendbrücken unter fachlich zahnmedizinischen und wirtschaftlichen Aspekten vorherrschen.⁷⁷ Freidendbrücken, die bei Vorhandensein einer verkürzten Zahnreihe zum Ersatz eines fehlenden Molaren dienen sollen, gehören ebenso nicht zum Leistungskatalog der gesetzlichen Krankenkassen.

Darüber hinaus kommen Freidendbrücken bei Tumorpatienten zum Einsatz, um den Übergang zwischen Kieferknochen und Fibulatransplantat zu überbrücken. An dieser Übergangsstelle ist das Setzen eines Implantats oft nicht möglich, weshalb die Freidendbrücke den fehlenden Zahn ersetzen soll und somit an dieser Stelle die einzige Versorgungsoption für Tumorpatienten darstellt. Von der Krankenkasse wird diese Situation ebenfalls nicht finanziell berücksichtigt, wenn ein Molar oder Eckzahn als Freieindglied in einer Freieindsituation ersetzt wird. Dementsprechend soll die vorliegende Studie Aufschluss über die Überlebensdauer von Freidendbrücken in Abhängigkeit von zuvor festgelegten Einflussfaktoren, insbesondere von der Zahngruppe des ersetzten Freieindgliedes, geben. Mithilfe dieser Ergebnisse soll die vorherrschende Behandlungsempfehlung bekräftigt werden können oder gegebenenfalls neue Behandlungsempfehlungen abgeleitet werden können.

In dieser Studie wurde darum die Nullhypothese aufgestellt, dass die Überlebensrate der Freidendbrücken nicht von der Art der zu ersetzenden Zahngruppe abhängig ist.

Die vorliegende Untersuchung sollte des Weiteren die folgende Frage beantworten:

Besteht ein Zusammenhang zwischen der Überlebensrate der Freidendbrücken und den weiteren acht untersuchten Parametern (siehe Kapitel 2)?

4 Literaturübersicht

4.1 Ursachen von Zahnverlust

Die Ursachen für den Zahnverlust können vielfältig sein. Am häufigsten werden Zahnverluste im Zusammenhang mit einer Parodontalerkrankung oder Karies beschrieben.^{64, 91, 134} Die Entstehung von Parodontalerkrankungen wird unter anderem durch Zigarettenkonsum, unzureichende Mundhygiene, Diabetes und Stress begünstigt.^{6, 91, 134} Parodontale Krankheitserreger lösen eine Entzündungsreaktion aus, die schließlich zur Zerstörung des Zahnhalteapparates und somit zur Lockerung beziehungsweise zum Zahnverlust führt.¹³⁴ Karies entsteht durch ein Ungleichgewicht im oralen Mikrobiom, bei dem in größerem Umfang säurebildende Mikroorganismen vorliegen. Durch diese säurebildenden Mikroorganismen kann der pH-Wert in der Mundhöhle bis unter einen kritischen Wert von 5,5 absinken und so zur Demineralisierung des Zahnschmelzes führen. Dieses Ungleichgewicht wird vor allem durch eine mangelnde Mundhygiene in Kombination mit kariogener Nahrung ausgelöst. Die Kariesentstehung wird aber auch durch eine Xerostomie (Mundtrockenheit) begünstigt. Der Speichel übernimmt unter anderem eine Pufferfunktion, um Säuren zu neutralisieren und eine Demineralisierung weitestgehend zu verhindern. Fällt diese Funktion weg oder ist stark reduziert, bleibt der pH-Wert länger im kritischen Bereich und kariöse Läsionen können entstehen.⁴⁸ Als Ursachen der Xerostomie werden die Einnahme von Medikamenten, systemische Erkrankungen oder eine Schädigung der Speicheldrüsen nach erfolgter Chemo- oder Strahlentherapie diskutiert.⁴⁴ Bei einer tief kariösen Zerstörung des Zahnes ist häufig nur noch eine Extraktion des Zahnes möglich. Auch bei Zähnen mit geschädigter beziehungsweise infizierter Pulpa, infolge von Karies oder Zahninfrakturen, kann eine Extraktion notwendig werden, sofern Behandlungsmaßnahmen wie eine Wurzelkanalbehandlung, Revision oder eine Wurzelspitzenresektion erfolglos bleiben.⁴⁸

Zahntraumata können ebenfalls zu einem Zahnverlust führen. Bei der sogenannten Avulsion wird der Zahn vollständig aus der Alveole herausgelöst. Bei sofortiger Reposition des Zahnes in die Alveole oder bei Aufbewahrung des Zahnes in einer geeigneten Lösung bis zur Reposition besteht die Chance einer erfolgreichen

Reimplantation mit Erhalt des avulsierten Zahnes.^{32, 57} Bevorzugt wird die Lagerung des Zahnes in einer Zahnrettungsbox, da diese ein geeignetes Nährmedium beinhaltet, um die Zellen auf der Wurzeloberfläche vital zu erhalten. Nach Reposition des Zahnes wird eine Schienung mit einer Trauma-Titan-Schiene notwendig sowie eine Wurzelkanalbehandlung bei Zähnen mit bereits geschlossenem Apex. Allerdings besteht dabei immer die Gefahr, dass der avulsierte Zahn nicht einheilt.³² Ungünstige Wurzelfrakturen, die den Zahn längs spalten oder subgingival liegende Querfrakturen mit Verlust der Zahnkrone, stellen eine Extraktionsindikation dar und führen somit ebenfalls zum Zahnverlust.³²

In der Studie von *Mundt et al.* aus dem Jahr 2025 wird der Einfluss der Malokklusion auf den Zahnverlust untersucht. Die Ergebnisse dieser Langzeitstudie besagten, dass fehlende, nicht ersetzte Zähne, ein erhöhter Überbiss >6mm, ein Tiefbiss >3mm mit Gingivakontakt, ein vergrößerter Überbiss von 3-6mm und ein Höcker-zu-Höcker-Biss das Risiko für einen Zahnverlust erhöhen. Die Limitation dieser Studie bestand allerdings darin, dass potenziell schädliche Substanzen für die Mundgesundheit und das psychosoziale Wohlbefinden der Probanden für die Ergebnisse der Studie nicht berücksichtigt wurden.⁸⁵

Tumoren können ebenfalls zu einem Zahnverlust führen. Zur Entfernung von odontogenen Tumoren werden unterschiedliche Behandlungsmaßnahmen erforderlich. Die Kieferresektion stellt eine Form der Tumorentfernung dar, bei der ein Teil des Kiefers einschließlich der betroffenen Zähne entfernt wird. Odontogene Tumoren, wie der odontogene Plattenepitheltumor, können zu Zahnlockerungen führen und erfordern neben der Kürettage des Tumors ebenfalls eine Zahnentfernung.⁵⁶

Die Folgen eines Zahnverlustes können relevante Einbußen der orofazialen Funktionen wie Mastikation, Sprache, Ästhetik und Okklusion sein.^{51, 124}

4.1.1 Übersicht zu festsitzenden Brückenkonstruktionen

Eine Versorgung mit Brückenkonstruktionen wird insbesondere dann relevant, wenn zahnbegrenzte Lücken durch den Verlust oder Nichtanlage einzelner Zähne entstehen und durch die Versorgung in einem Kiefer die geschlossene Zahnreihe wiederhergestellt werden kann.^{50, 51, 124} Festsitzende Brückenkonstruktionen lassen sich zum einen nach der Lokalisation in Front- und Seitenzahnbrücken einteilen, zum anderen nach der Anzahl und Anordnung der Pfeilerzähne in ein- und mehrspannige Brücken. Auch eine Unterteilung nach dem Material und der Zwischengliedgestaltung ist möglich.¹²⁴ Die Entscheidung für die Art der jeweiligen Brückenform hängt vor allem von dem Zerstörungsgrad der Brückenpfeiler sowie der Lokalisation der zu ersetzenden Zähne ab.^{50, 51}

Zur Aufnahme von Endpfeilerbrücken müssen mindestens zwei Pfeilerzähne, die die Zahnücke begrenzen, zirkulär durch präparative Maßnahmen vorbereitet werden. Freiidbrücken bestehen aus zwei benachbarten Pfeilerzähnen und einem freischwebenden mesialen oder distalen Brückenglied.¹²⁴ Diese werden in Kapitel 4.2 näher beleuchtet.

Adhäsivbrücken stellen demgegenüber eine substanzschonendere Alternative bei kariesfreien Nachbarzähnen dar.⁵¹ Sie bestehen in der Regel aus zwei Komponenten, dem sogenannten Flügel und der Krone. Der Flügel des Gerüsts wird an der oral beschliffenen Fläche des Pfeilerzahnes adhäsiv befestigt. Der fehlende Zahn wird durch die verblendete Krone ersetzt. Die Präparation beschränkt sich bei Adhäsivbrücken auf den Zahnschmelz und die Befestigung des Flügels am Pfeilerzahn erfolgt durch mechanochemische Verbundsysteme.⁵¹

Inlaybrücken stellen ebenfalls eine hartsubstanzschonendere Alternative zu konventionellen Brücken dar, werden in der Literatur jedoch kritisch und nicht als gleichwertige Alternative zur klassischen Brücke oder zum Einzelzahnimplantat gesehen.¹⁸ Positiv zu erwähnen ist bei Inlaybrücken, dass ein vergleichsweise geringes Präparationstrauma entsteht und dass das marginale Parodont geschont wird, da im Pfeilerzahn lediglich okklusal ein Kasten mit parallelen Retentionsflächen oder Rillenretentionen angelegt wird. Die geringere Retention durch minimales Präparieren erhöht allerdings das Risiko der Lockerung des Brückenankers von dem Pfeiler. Wird die

okklusale Ausdehnung des Inlays größer gewählt, werden wiederum die verbleibenden Höcker kleiner und bruchanfälliger. Daher sollten sie nur bei Vorhandensein einer dreiflächigen Gussfüllung (mesial, oral und distal) und lediglich zum Ersatz eines einzelnen Zahnes angewendet werden.¹¹⁶

Die verschiedenen Brückenarten können sich neben der Konstruktion auch in Material und Pfeilerarten unterscheiden. Die verwendeten Materialien für den festsitzenden Zahnersatz reichen inzwischen von metallbasierten Restaurationen bis hin zu einer Vielzahl von vollkeramischen Materialien wie beispielsweise Zirkoniumdioxid und Lithiumdisilikat.^{34, 35}

Als Brückenpfeiler haben sich neben natürlichen Zähnen Implantate bewährt. Auch eine Kombination aus natürlichen Zähnen und Implantaten in Form von Verbundbrücken (Hybridbrücken) ist möglich.¹⁸

Insgesamt spielen Brückenkonstruktionen eine bedeutende Rolle für die Versorgung von zahnbegrenzten Lücken und Freisituationen, da sie unter anderem einen höheren Tragekomfort und eine vergleichsweise höhere Überlebenswahrscheinlichkeit aufweisen als vergleichbarer herausnehmbarer Zahnersatz. Nach fünf Jahren lag diese bei festsitzenden Brückenkonstruktionen in der Fachliteratur noch bei 88,6-95,2%^{66, 84, 96, 112}, nach zehn Jahren bei 87-90,4%^{8, 66} und nach 15 Jahren bei rund 75-80,5%.^{8, 51, 116} Wenige zu ersetzende Brückenglieder, vitale Pfeilerzähne sowie eine gute Mundhygiene können sich positiv auf die Überlebensdauer auswirken.^{50, 51, 116, 124}

4.1.2 Voraussetzungen für festsitzende Brückenkonstruktionen

Zu den vorbereitenden Maßnahmen bei der Planung einer festsitzenden Brückenkonstruktion gehört die Beurteilung der Pfeilerqualität. Dazu werden in der Regel eine Sensibilitätsprüfung, eine Mobilitätsprüfung sowie eine röntgenologische Kontrolle der Pfeilerzähne durchgeführt. Bei Auffälligkeiten kann eine konservierende, parodontale oder chirurgische Vorbehandlung notwendig werden.³¹ Zudem sollte die Präparation einer ausreichend großen Retentionsfläche des Pfeilerzahnes möglich sein. Dabei stehen Stumpfhöhe und Präparationswinkel in enger Verbindung. Eine

Stumpfhöhe von 3mm ist demnach bei einem Präparationswinkel von 3 bis 6 Grad ausreichend, bei größeren Winkeln von 6 bis 15 Grad sollte eine Stumpfhöhe von 5mm erreicht werden.⁵¹ Sollte die Mindeststumpfhöhe nicht erreicht werden, kann eine chirurgische Kronenverlängerung in Betracht gezogen werden.^{36, 51, 120} Zudem muss auf einen ausreichenden Substanzabtrag mit einer Hohlkehlpräparation oder einer innen gerundeten Stufenpräparation geachtet werden, der sich nach der benötigten Schichtdicke der geplanten Versorgung richtet. Auch die Biologische Breite von 2-3 mm, die sich vom krestalen Rand des Alveolarknochens bis zum koronalen Ende des Saumepithels erstreckt, muss bei der Präparation eingehalten werden, um die Ästhetik, Gesundheit und Funktionstüchtigkeit der Gingiva und des Alveolarknochens nicht zu beeinträchtigen.³³ Brückenzwischenglieder sollten im Querschnitt herzförmig sein und eine konvexe Basisfläche für eine bessere Hygienefähigkeit haben, um Entzündungen der Gingiva vorzubeugen. Im sichtbaren Bereich kann zur Verbesserung der Ästhetik und Phonetik bei guter Mundhygiene ein an der Basalfläche eiförmiges „ovate pontic“ verwendet werden.¹²⁴ Bei weitgehender Zerstörung des Brückenankerzahnes werden Vollkronen oder Verblendkronen empfohlen, gegebenenfalls in Kombination mit einem Stiftaufbau.^{65, 113}

Allgemein galt nach dem Ante-Gesetz hinsichtlich der Statik von Brücken, dass die Fläche des Parodontiums der Pfeilerzähne möglichst groß sein sollte. Empfohlen wurde eine Oberflächengröße des Parodontiums der Pfeilerzähne von mindestens 50% der Wurzeloberfläche der ersetzten Zähne, um eine längere Überlebensdauer zu ermöglichen.^{50, 51, 124} Dieses Dogma wurde jedoch durch zahlreiche Studien widerlegt.^{19, 80, 86, 104, 124}

Für eine langfristige Überlebensdauer der Versorgung ist eine effiziente Mundhygiene des Patienten sowie die Bereitschaft für regelmäßige Nachsorgetermine essenziell, um frühzeitig Defizite zu erkennen, zu behandeln und ein Aufkommen und Voranschreiten parodontaler Erkrankungen zu verhindern.

4.2 Freundbrücken

Die Definition von Freundbrücken erfolgte bereits in Kapitel 4.1.1. Freundbrücken werden synonym auch als Extensionsbrücken oder Anhängerbrücken bezeichnet. Hauptindikationen für diese Art der Versorgung mit zwei benachbarten Pfeilerzähnen stellen uni- oder bilateral verkürzte Zahnreihen sowie Schalllücken in Prämolarenbreite dar.^{118, 124} Freundbrücken mit lediglich einem Pfeilerzahn finden kaum Anwendung und sind nicht empfehlenswert, da der tragende Pfeilerzahn bei Belastung auf das Freundglied stark auf Drehung und Kippung beansprucht wird.¹¹⁶

Präpariert man die Pfeilerzähne in einer entgegengesetzten Neigung zur Lage des Freundgliedes, kann sich dies positiv auf den Brückenhalt auswirken.^{116, 127} Weitspannige Freundbrücken sollten vermieden werden.^{4, 124} Zudem sollten sie nicht bei Pfeilerzähnen angewendet werden, bei denen nicht mindestens eine Retentionshöhe von 4 mm eingehalten werden kann. Andernfalls können unvorteilhafte extraaxiale Belastungen der Freundbrücke entstehen. Bei Bruxern wird deshalb empfohlen, diese Art der Restauration mit Bedacht anzuwenden, da auch hier, je nach Ausprägung des Bruxismus, ungünstige Beanspruchungen der Versorgung entstehen können.¹²⁴ Dennoch finden Freundbrücken in ausgewählten Studien auch bei Patienten mit Bruxismus Anwendung und zeigen erfolgversprechende Ergebnisse hinsichtlich der Überlebenszeiten.^{37, 74, 81} Auch die Vitalität der Pfeilerzähne spielt eine Rolle für die Überlebensrate von Freundbrücken. Bei Verwendung devitaler Pfeilerzähne für Freundbrücken wurden deutlich höhere Misserfolgsraten ermittelt gegenüber solchen auf vitalen Pfeilern.^{63, 71}

Weiterhin ist der Einsatz von Freundbrücken bei Patienten mit einer Teilresektion des Kiefers vorteilhaft, da mit Hilfe des Freundgliedes ein ästhetischer und funktioneller Zahnersatz am Knochenübergang von Fibulatransplantat zum Kieferknochen möglich wird.

4.3 Klinischer Langzeiterfolg von Freundbrücken

Die nachfolgende Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die bestehende Fachliteratur zu Freundbrücken in chronologischer Reihenfolge. Diese Übersicht dient als Grundlage für den Vergleich der bestehenden Forschungsergebnisse mit den eigenen Untersuchungen und ermöglicht im Folgenden eine kritische Auseinandersetzung mit bereits veröffentlichten Daten. Die Vergleichbarkeit innerhalb der Literatur sowie zur vorliegenden Studie wird dabei allerdings durch verschiedene Faktoren limitiert. Ein wesentlicher Aspekt ist die gemischte Betrachtung von Freundbrücken und anderen Brückenarten, wie beispielsweise Endfeilerbrücken, in einigen Studien. In den entsprechenden Studien wurden die Überlebensraten für Freundbrücken und Endfeilerbrücken nicht separat erfasst, was einen direkten Vergleich mit den in der vorliegenden Studie ermittelten Überlebensraten erschwert. Da nur eine begrenzte Anzahl an Studien existiert, die sich ausschließlich mit Freundbrücken befasste, wurden zusätzlich Studien mit einer gemischten Betrachtung in die vorliegende Arbeit integriert, um einen umfassenden Vergleich durchführen zu können.

Darüber hinaus konzentrierten sich einige Studien ausschließlich auf die Überlebensraten implantatgetragener Freundbrücken, während andere eine kombinierte Überlebensrate für Freundbrücken auf Implantaten sowie solche auf natürlichen Zähnen angaben. Auch die Angaben zu Komplikationen variierten zwischen den Studien in Form von absoluten und/oder prozentualen Zahlen. Während die Mehrheit der Studien zu Freundbrücken Überlebensraten angab, beschränkten sich einige wenige lediglich auf die Angabe der Erfolgsrate. Die Erfolgsrate ist dabei definiert als die Funktionsfähigkeit der Freundbrücke ohne das Auftreten von biologischen und technischen Komplikationen innerhalb des Beobachtungszeitraums, während die Überlebensrate den funktionstüchtigen Verbleib der Restauration in situ beschreibt.

Die in der folgenden Übersicht aufgeführten Komplikationen der Fachliteratur wurden in zwei Kategorien unterteilt, nämlich in technische und biologische Komplikationen. Die am häufigsten beschriebenen technischen Komplikationen umfassen vor allem Retentionsverluste, Chipping sowie Schraubenlockerungen bei Brückenkonstruktionen auf Implantaten als Pfeiler.^{3, 13, 17, 24, 26, 37, 38, 45, 46, 55, 59, 61-63, 68, 71, 78, 87, 99, 101, 105, 109, 111, 114,}

Zu den häufigsten biologischen Komplikationen zählen Karies am Pfeilerzahn, Vitalitätsverluste mit endodontischem oder parodontalem Behandlungsbedarf und teilweise apikaler Aufhellung sowie Pfeilerzahnfrakturen.^{13, 17, 24, 26, 29, 37, 46, 58, 59, 62, 71, 74, 103, 105, 109, 114, 115, 125, 138}

Tabelle 1: Überlebenszeitanalysen zu Freiendbrücken (CMD = craniomandibuläre Dysfunktion, Endpfbr. = Endpfeilerbrücke, Extbr. = Extensionsbrücke/Freiendbrücke, Impl. = Implantat, * = kombinierte Überlebensrate von Extbr. und Endpfeilerbrücken, k.A. = keine Angaben, Pat. = Patient, PA = Parodontitis, TkBr. = Teilkronenbrücke)

Autor	Jahr	Anzahl	Zeitraum	Überlebensrate	Komplikationen
Nyman & Lindhe ⁸⁷ (Schweden)	1979	193 Extbr. 139 Endpfbr. 251 Pat.	5-8 Jahre	Extbr.:92%*	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Technische Komplikationen: - 3,3% (11 Brücken, davon 5 Extbr.) Retentionsverluste - 2,1% (7 Brücken, davon 3 Extbr.) Gerüstfrakturen - 2,5% (8 Brücken, davon 5 Extbr.) Pfeilerzahnfrakturen
Izikowitz ⁵⁸ (Schweden)	1985	87 Extbr. 69 Pat.	5 Jahre 10 Jahre 15 Jahre 20 Jahre	Extbr.:98% Extbr.:82% Extbr.:69% Extbr.:49%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 11 Extbr. Karies - 11 Extbr. Pfeilerzahnlockerungen, davon 2 Überlastungen, 9 PA Technische Komplikationen: - 5 Gerüstfrakturen
Karlsson ⁶² (Schweden)	1986	238 Extbr. 164 Pat.	10 Jahre	Extbr.:93,3%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 8,1% Karies/Füllungen - 10% Periapikale Läsionen Technische Komplikationen: - 3% Retentionsverlust

Literaturübersicht

Randow et al. ¹⁰³ (Schweden)	1986	290 Extbr. 241 Pat.	6-7 Jahre	Gruppe 1: (Brücke mit 1 Freiendglied) 84% Gruppe 2: (Brücke mit 2 Freiendgliedern) 66%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: Gruppe 1: - 28% Karies - 8,6% endodontisch - 11,8% PA Gruppe 2: - 31,3% Karies - 22,9% endodontisch - 7,2% PA Technische und ästhetische Komplikationen: Gruppe 1: 16,1% Gruppe 2: 33,7%
Hochman et al. ⁵² (Israel)	1987	29 Extbr. 27 Pat.	10 Jahre	Extbr.:100%	Komplikationen von Extbr. k.A.
Landolt & Lang ⁷¹ (Schweiz)	1988	80 Extbr. 61 Pat.	3,5-8 Jahre (Ø4,6 Jahre)	Extbr.:98%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 12,7% apikale Aufhellungen - 6,5% Sekundärkaries - 2 Wurzelfrakturen Technische Komplikationen: - 15% Retentionsverluste
Karlsson ⁶³ (Schweden)	1989	36 Extbr. 104 Endpfbr. 97 Pat.	14 Jahre	Extbr.:66,7%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: - 3 PA - 1 Karies - 1 endodontisch - 1 Pfeilerzahnfraktur Technische Komplikationen: - 12 Retentionsverluste (mit Karies) - 2 Gerüstfrakturen - 2 ästhetische Gründe - 2 unbekannte Gründe

Literaturübersicht

Budtz-Jørgensen & Isidor ¹³ (Schweiz)	1990	41 Extbr. 27 Pat.	5 Jahre	Extbr.:81%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 10 Karies - 2 endodontisch - 2 Pfeilerzahnfrakturen Technische Komplikationen: - 6 Retentionsverluste
Kerschbaum et al. ⁶⁶ (Deutschland)	1991	1669 Brücken (unspezifische Anzahl an Extbr.) 1841 Pat.	5 Jahre 10 Jahre 15 Jahre	Extbr.:95% Extbr.:79% Extbr.:64%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. k.A.
Laurell et al. ⁷⁴ (Schweden)	1991	36 Extbr. 34 Pat.	5-12 Jahre (Ø8,4 Jahre)	Extbr.:97,1%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 1 Pfeilerzahnfraktur - 1 PA
Öwall et al. ⁹³ (Dänemark)	1991	11 Extbr. 11 Pat.	5 Jahre 15 Jahre 20 Jahre	Extbr.:91% Extbr.:64% Extbr.:27%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 9 endodontisch - 1 Pfeilerzahnfraktur Technische Komplikationen: - 3 Retentionsverluste - 3 Gerüstfrakturen
Palmqvist & Swartz ⁹⁴ (Schweden)	1993	34 Extbr. 69 Endpfbr. 66 Pat.	18-23 Jahre	Extbr.:74,5%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: - Karies - PA - Pfeilerzahnfraktur Technische Komplikationen: - Retentionsverlust - Gerüstfrakturen - Ästhetik
Leempoel et al. ⁷⁵ (Niederlande)	1995	235 Extbr. 1439 Endpfbr. 944 Pat.	1 Jahr 5 Jahre 10 Jahre 12 Jahre	Extbr.:99,6% Extbr.:96,5% Extbr.:89,9% Extbr.:85,8%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. k.A.

Literaturübersicht

<p>Yi et al.¹³⁸ (Schweden)</p>	<p>1995</p>	<p>31 Extbr. unbekannte Anzahl an Pat.</p>	<p>Ø14-15</p>	<p>Extbr.:70%</p>	<p>Komplikationen von Extbr.</p> <p>Biologische Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 Wurzelkaries - 7 endodontisch - 1 Pfeilerzahnfraktur <p>Technische Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 6 Gerüstfrakturen
<p>Carlson & Yontchev¹⁷ (Schweden)</p>	<p>1996</p>	<p>12 Extbr. 12 Pat.</p>	<p>5 Jahre 10 Jahre 15 Jahre</p>	<p>Extbr.:80% Extbr.:67% Extbr.:50%</p>	<p>Komplikationen von Extbr.</p> <p>Biologische Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - endodontisch <p>Technische Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Retentionsverluste
<p>Decock et al.²⁹ (Belgien)</p>	<p>1996</p>	<p>137 Extbr. 168 Endpfbr. 100 Pat.</p>	<p>18 Jahre</p>	<p>Extbr.:60% Erfolgsrate: Extbr.:70%</p>	<p>Komplikationen von Extbr. und Endpfbr.</p> <p>Biologische Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 Pfeilerzahnfrakturen - 9 Sekundärkaries - 18 Lockerungen mit/ohne Karies - 6 PA - 1 apikale Läsion <p>Technische Komplikationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 3 Chipping - 18 Retentionsverluste (mit/ohne Karies) - 3 Gerüstfrakturen

Sundh and Ödman ¹²⁵ (Schweden)	1997	31 Extbr. 132 Endpfbr. 101 Pat.	18 Jahre	Extbr.:51,6%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: - 6 (17%) Karies - 5 (14%) endodontisch - 4 (11%) PA - 4 (11%) Pfeilerzahnfraktur - 2 (6%) CMD - 2 (6%) vermeintliche Metallreaktion - 1 (3%) phonetische Probleme Technische Komplikationen: - 3 (9%) Retentionsverluste - 2 (6%) Gerüstfrakturen - 2 (6%) Erweiterung der Restauration - 1 (3%) wiederholtes Chipping - 1 (3%) Ästhetik - 2 (6%) unbekannt
Lindquist & Karlsson ⁷⁸ (Schweden)	1998	36 Extbr. 104 Endpfbr. 98 Pat.	3 Jahre 20 Jahre	Extbr.:100% Extbr.:81%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: - PA Technische Komplikationen: - Retentionsverlust - Chipping

Hämmerle et al. ⁴⁶ (Schweiz)	2000	115 Extbr. 92 Pat.	5-16 Jahre (Ø10 Jahre)	Extbr.:78%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 34 - 10% endodontisch - 1% periapikale Läsion - 8% Sekundärkaries - 8% Retentionsverlust - 3% Pfeilerzahnfraktur Technische Probleme: 36 (k.A.)
Johansson ⁶¹ (Schweden)	2003	65 Extbr. 32 Endpfbr. 76 Pat.	4,49 Jahre	Extbr.:96%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Technische Komplikationen: - 29% Schraubenlockerung bei Extbr. -1 Implantatverlust bei Extbr.
Romeo et al. ¹¹⁰ (Italien)	2003	49 Extbr. 38 Pat.	7 Jahre	Impl.:97% Erfolgsrate Extbr.:98%	Komplikationen der Extbr. - 2% Funktionsverluste (k.A.)
Holm et al. ⁵⁴ (Schweden)	2003	42 Extbr. 247 Endpfbr. 235 Pat.	10 Jahre 20 Jahre 30 Jahre	Extbr.:72% Extbr.:64% Extbr.:53%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: 37 (k.A.) Technische Komplikationen: 50 (k.A.)
Becker ⁹ (Deutschland)	2004	60 Extbr. 36 Pat.	10 Jahre	Extbr.:100%	Komplikationen von Extbr. Technische Komplikationen: - 1 Schraubenlockerung - 2 Chipping

Pjetursson et al. ⁹⁵ (Schweiz)	2004	(unspezifische Anzahl an Extbr.) unbekannte Anzahl an Pat.	10 Jahre	Überlebensrate Extbr.:81,8% Erfolgsrate Extbr.:63%	Komplikationen von Extbr. <i>Nach 5 Jahren:</i> Biologische Komplikationen: - 32,6% endodontisch - 9,1% Karies Technische Komplikationen: - 16,1% Retentionsverluste - 5,9% Materialbrüche <i>Nach 10 Jahren:</i> Biologische Komplikationen: - 2,6% Funktionsverluste aufgrund von Karies - 1% Funktionsverlust aufgrund von PA - 2,4% Funktionsverluste aufgrund von Pfeilerzahnfrakturen
Eliasson et al. ³⁸ (Norwegen)	2006	61 Extbr. 85 Endpfbr. 123 Pat.	9 Jahre	Extbr.:97,3% Impl.:98,4%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Technische Komplikationen: - 27 Chipping - 21 Schraubenlockerungen - 3 Schraubenfrakturen - 1 Gerüstfraktur
Rinke et al. ¹⁰⁷ (Deutschland)	2006	26 Extbr. 21 Pat.	Ø1,72 Jahre	Extbr.:100%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 1 endodontisch
De Backer et al. ²⁷ (Belgien)	2007	168 Extbr. unbekannte Anzahl an Pat.	16 Jahre 18 Jahre	Extbr.:73,5% Extbr.:52,3%	Komplikationen von Extbr. - 12 % Funktionsverluste

Eliasson et al. ³⁷ (Norwegen)	2007	32 Extbr. 42 Pat.	Ø4,3	Extbr.:88%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: - 3 endodontisch - 2 PA - 2 Pfeilerzahnfrakturen Technische Komplikationen: - 4 Retentionsverluste - 1 Gerüstfraktur - 9 Chipping
Hälg ⁴⁵ (Schweiz)	2008	27 Extbr. 27 Pat.	5 Jahre	Extbr.:88,9% Impl.:95,7%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 4,3% Implantatfraktur - 1 biologische Komplikation am Implantat Technische Komplikationen: - 4 Chipping - 1 Retentionsverlust
Aglietta ³ (Schweiz)	2009	155 Extbr. unbekannte Anzahl an Pat.	5 Jahre 10 Jahre	Extbr.:94,3% Extbr.:88,9%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 6 Technische Komplikationen: -3 Implantatfrakturen - 3 Retentionsverluste - 14 Schraubenlockerungen - 16 Chipping - 5 Pfeilerzahn- oder Schraubenbruch
Zurdo ¹⁴⁵ (England)	2009	74 Extbr. 142 Endpfbr. 175 Pat.	5 Jahre	Überlebensrate Extbr.:91,9% Erfolgsrate Extbr.:71,7%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 1 (k.A.) Technische Komplikationen: 3 (k.A.)

Literaturübersicht

Romeo et al. ¹¹¹ (Italien)	2009	59 Extbr. 45 Pat.	8,2 Jahre	Impl.:100% Extbr.:100% Erfolgsrate Impl.:90,5% Erfolgsrate Extbr.:57,7%	Komplikationen von Extbr. Technische Komplikationen: - 3 Retentionsverluste - 22 Chipping
Wolfart et al. ¹³³ (Deutschland)	2009	34 Extbr. 48 Pat.	4 Jahre	Extbr.:92%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 15% (k.A.) Technische Komplikationen: 12% (k.A.)
Brägger et al. ¹² (Schweiz)	2011	64 Extbr 111 Endpfbr. 84 Pat.	5-10 Jahre	Extbr.:90%- 76,4% Erfolgsrate nach 10 Jahren Extbr.:25%- 49,8%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 25 (k.A.) Funktionsverluste: 11 Technische Komplikationen: 17 (k.A.)
Schnaidt ¹¹⁵ (Deutschland)	2011	63 Extbr. 292 Endpfbr. 79 TkBr. 280 Pat.	5 Jahre 10 Jahre	Extbr.:86,8% Extbr.:77,2%	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Biologische Komplikationen: - 21% endodontisch - 14,5% Karies Technische Komplikationen: - 17,7% Retentionsverluste
Prasanna ⁹⁸ (Indien)	2012	14 Extbr. 14 Pat.	1 Jahr	Extbr.:100%	Komplikationen von Extbr. k.A.
Rammelsberg et al. ¹⁰¹ (Deutschland)	2013	27 Extbr. 139 Endpfbr. 132 Pat.	2,4 Jahre	Extbr.:98,2%*	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Technische Komplikationen: - 35 Retentionsverluste - 29 Chipping - 2 Pfeilerzahnfrakturen

Literaturübersicht

Maló ⁸¹ (Portugal)	2013	191 Extbr. 174 Pat.	5 Jahre	Extbr.:99% Impl.:98,7%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 2,9% (k.A.) Technische Komplikationen: 27,6% (k.A.)
Kim et al. ⁶⁸ (China)	2014	128 Extbr. 107 Pat.	4,3 Jahre	Extbr.:97,65% Impl.:96,7%	Komplikationen von Extbr. Technische Komplikationen: - 4 Implantatverluste - 9 Schraubenlockerungen - 3 Schraubenfrakturen
Rehmann et al. ¹⁰⁵ (Deutschland)	2015	71 Extbr. 57 Pat.	5 Jahre 8 Jahre	Extbr.:93% Extbr.:84,5%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - Karies - Pfeilerzahnextraktion Technische Komplikationen: - Technisches Versagen der Brückenkonstruktion - Chipping - Retentionsverlust
Storelli et al. ¹²² (Italien)	2018	44 Extbr. 42 Pat.	5-10 Jahre	Extbr.:99,2% Impl.:98,4%	Komplikationen von Extbr. Komplikationsrate: 26,57% (k.A.)

<p>Chrcanovic²¹ (Schweden)</p>	<p>2020</p>	<p>254 Extbr. 622 Endpfbr. 644 Pat.</p>	<p>30 Jahre</p>	<p>Extbr.:72,7%*</p>	<p>Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Komplikationsrate: 33,2% Technische Komplikationen: - 86 (3,9%) Implantatverluste, davon: → 10 (11,6%) Implantatfrakturen, → 76 (88,4%) Verluste der Osseointegration - 88 (10%) Funktionsverluste, davon: → 43 (48,9%) Implantatverluste → 33 (37,5%) Erweiterungen der Restauration/ Neuversorgung → 4 (4,5%) Gerüstfrakturen → 3 (3,5%) Schraubenbrüche → 5 (5,6%) anderweitige Gründe</p>
<p>Schmid et al.¹¹⁴ (Schweiz)</p>	<p>2020</p>	<p>30 Extbr. 26 Pat.</p>	<p>13,3 ± 2,7 Jahre</p>	<p>Impl.: 96,2%</p>	<p>Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 26,9% Periimplantäre Mucositis - 26,9% Periimplantitis Technische Komplikationen: - 3,3% Implantatfraktur - 3,3% Pfeilerzahnfraktur - 3,3% Chipping - 30% Retentionsverlust - 3,3% Schraubenlockerung</p>

Literaturübersicht

Jensen-Louwerse et al. ⁵⁹ (Niederlande)	2021	28 Extbr. 23 Pat.	6,5 ± 4,8 Jahre	Impl.:100% Extbr.:100%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 89,3% Periimplantäre Mucositis - 17,9% Periimplantitis Technische Komplikationen: - 3,6% Retentionsverlust - 3,6% Schraubenlockerung - 7,1% Chipping
Cristea et al. ²² (Rumänien)	2022	18 Extbr. 134 Endpfbr. 126 Pat.	>5 Jahre	Extbr.:92,1%*	Komplikationen von Extbr. und Endpfbr. Komplikationsrate: 15,1% Technische Komplikationen: 3 (k.A.)
Horsch ⁵⁵ (Deutschland)	2022	75 Extbr. 48 Pat.	5 Jahre 10 Jahre	Extbr.:97,1% Extbr.:93,7%	Komplikationen von Extbr. Funktionsverluste: 6 Technische Komplikationen: - 64,7% Retentionsverlust - 23,5% Chipping
D'Albis et al. ²⁴ (Italien)	2022	16 Extbr. 15 Pat.	4 Jahre	Extbr.:100%	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: - 2 Periimplantitis Technische Komplikationen: - 1 Schraubenlockerung
Rocuzzo et al. ¹⁰⁹ (Schweiz)	2023	34 Extbr. 30 Pat.	2,6 ± 1,5 Jahre	Impl.:100% Extbr.:100%.	Komplikationen von Extbr. Biologische Komplikationen: 22 Periimplantäre Mucositis Technische Komplikationen: 4 - 2 Schraubenlockerung - 2 Chipping

De Angelis et al. ²⁵ (Italien)	2024	Unbekannte Anzahl an Extbr. 419 Pat.	Ø 6 Jahre	Extbr.:99%	Komplikationen von Extbr. und Endpfr. Technische Komplikationen: - Schraubenlockerungen
---	------	---	-----------	------------	--

Zur besseren Vergleichbarkeit sind in der nachfolgenden Tabelle 2 die Studienarten sowie die verwendeten statistischen Methoden und Art der verwendeten Pfeiler der oben aufgeführten Literatur aufgelistet.

Tabelle 2: Pfeilerarten der Freidbrücken (Pat. = Patient, Pf. = Pfeilerzahn, Impl. = Implantat, k.A. = keine Angaben, KM = Kaplan-Meier, LF = Life-Table, DS = deskriptive Statistik, Q = Quotientenbildung)

Autor	Jahr	Art der Studie	Statistik	Pfeilerart
Nyman & Lindhe ⁸⁷ (Schweden)	1979	Longitudinalstudie	DS	• Natürliche Pf.
Izikowitz ⁵⁸ (Schweden)	1985	Prospektive Kohortstudie	KM	• Natürliche Pf.
Karlsson ⁶² (Schweden)	1986	Longitudinalstudie	DS	• Natürliche Pf.
Randow et al. ¹⁰³ (Schweden)	1986	Epidemiologische Studie	LT	• Natürliche Pf.
Hochman et al. ⁵² (Israel)	1987	Longitudinalstudie	DS	• Natürliche Pf.
Landolt & Lang ⁷¹ (Schweiz)	1988	Retrospektive Kohortstudie	k.A.	• Natürliche Pf.
Karlsson ⁶³ (Schweden)	1989	Longitudinalstudie	DS	• Natürliche Pf.
Budtz-Jørgensen & Isidor ¹³ (Schweiz)	1990	Longitudinalstudie	Q	• Natürliche Pf.
Kerschbaum et al. ⁶⁶ (Deutschland)	1991	Retrospektive Kohortstudie	KM	• Natürliche Pf.

Literaturübersicht

Laurell et al. ⁷⁴ (Schweden)	1991	Klinische Prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf. • Impl.
Öwall et al. ⁹³ (Dänemark)	1991	Retrospektive Kohortstudie	LT	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Palmqvist & Swartz ⁹⁴ (Schweden)	1993	Retrospektive Kohortstudie	Q	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Leempoel et al. ⁷⁵ (Niederlande)	1995	Retrospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Yi et al. ¹³⁸ (Schweden)	1995	Retrospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf. • Impl.
Carlson & Yontchev ¹⁷ (Schweden)	1996	Prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Decock et al. ²⁹ (Belgien)	1996	Longitudinalstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Sundh and Ödman ¹²⁵ (Schweden)	1997	Retrospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Lindquist & Karlsson ⁷⁸ (Schweden)	1998	Retrospektive Kohortstudie	LT	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Hämmerle et al. ⁴⁶ (Schweiz)	2000	Retrospektive Kohortstudie	Q	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Johansson ⁶¹ (Schweden)	2003	Retrospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Romeo et al. ¹¹⁰ (Italien)	2003	Prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Holm et al. ⁵⁴ (Schweden)	2003	Retrospektive Kohortstudie	LT	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Becker ⁹ (Deutschland)	2004	Retrospektive Kohortstudie	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Pjetursson et al. ⁹⁵ (Schweiz)	2004	Systematische Übersichtsarbeit (Meta-Analyse)	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf. • Impl. • Hybrid

Literaturübersicht

Eliasson et al. ³⁸ (Norwegen)	2006	Retrospektive Kohortstudie	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Rinke et al. ¹⁰⁷ (Deutschland)	2006	Prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
De Backer et al. ²⁷ (Belgien)	2007	Retrospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Eliasson et al. ³⁷ (Norwegen)	2007	Retrospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Hälg ⁴⁵ (Schweiz)	2008	Prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Aglietta ³ (Schweiz)	2009	Systematische Übersichtsarbeit (Meta- Analyse)	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Zurdo ¹⁴⁵ (England)	2009	Systematische Übersichtsarbeit	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Romeo et al. ¹¹¹ (Italien)	2009	Prospektive Kohortstudie	LT	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Wolfart et al. ¹³³ (Deutschland)	2009	Klinische prospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • k.A.
Brägger et al. ¹² (Schweiz)	2011	Retrospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf. • Impl. • Hybrid
Schnaidt ¹¹⁵ (Deutschland)	2011	Vergleichende klinische Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Prasanna ⁹⁸ (Indien)	2012	Vergleichende klinische Kohortstudie	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Rammelsberg et al. ¹⁰¹ (Deutschland)	2013	Vergleichende klinische Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Maló ⁸¹ (Portugal)	2013	Retrospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.

Literaturübersicht

Kim et al. ⁶⁸ (China)	2014	Retrospektive Kohortstudie	Q	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Rehmann et al. ¹⁰⁵ (Deutschland)	2015	Retrospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf.
Storelli et al. ¹²² (Italien)	2018	Systematische Übersichtsarbeit (Meta- Analyse)	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • k.A.
Chrcanovic ²¹ (Schweden)	2020	Klinische retrospektive Kohortstudie	LT/KM	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Schmid et al. ¹¹⁴ (Schweiz)	2020	Retrospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Jensen-Louwerse et al. ⁵⁹ (Niederlande)	2021	Retrospektive Fallserie	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Cristea et al. ²² (Rumänien)	2022	Retrospektive Kohortstudie	Q	<ul style="list-style-type: none"> • Natürliche Pf. • Impl.
Horsch ⁵⁵ (Deutschland)	2022	Retrospektive Kohortstudie	KM	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
D'Albis et al. ²⁴ (Italien)	2022	Klinische prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
Rocuzzo et al. ¹⁰⁹ (Schweiz)	2023	Klinische prospektive Kohortstudie	DS	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.
De Angelis et al. ²⁵ (Italien)	2024	Systematische Übersichtsarbeit (Meta- Analyse)	k.A.	<ul style="list-style-type: none"> • Impl.

4.4 Beeinflussende Parameter des Langzeiterfolges von Freidendbrücken

4.4.1 *Alter des Patienten*

Izikowitz verglich 1985 in seiner Studie Patienten, die mit einer Freidendbrücke versorgt wurden, in einem Alter von über und unter 55 Jahren und stellte keinen signifikanten Unterschied hinsichtlich des Langzeiterfolges der Brückenversorgungen fest.⁵⁸ Auch *Yi et al.* untersuchten den Einfluss des Patientenalters und unterschieden in Patienten unter und über 70 Jahren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Das Alter schien ebenfalls keinen Einfluss auf die Überlebensrate von Endpfilerbrücken sowie Freidendbrücken zu haben.¹³⁸ *Leempoel et al.* berichteten abermals über nicht-signifikante Unterschiede in Bezug auf die Überlebensrate der Endpfiler- und Freidendbrücken zwischen den untersuchten Altersgruppen: 0-30 Jahren, 31-50 Jahren und >50 Jahren (log-rank-test: $p > 0,10$).⁷⁵ Bestätigt werden diese Ergebnisse durch die retrospektive Studie von *Holm et al.*, durch die klinische Langzeitstudie von *Karlsson et al.* und durch die Studien von *Eliasson et al.*, *Cristea et al.*, *Hälg* und *Schnaid*.^{23, 45, 63, 115} *Rammelsberg et al.* untersuchten in ihrer Studie unter anderem den Einfluss verschiedener Faktoren auf Chipping bei festsitzenden Restaurationen.¹⁰¹ Das Alter hatte hierbei ebenso keinen signifikanten Einfluss auf das Ereignis.

In der Verweilzeit- und Risikofaktorenanalyse von *Kerschbaum et al.* aus dem Jahr 1991 wurde hingegen ein signifikanter Einfluss des Alters auf die Überlebenszeit der Endpfiler- und Freidendbrücken festgestellt. Hierbei stieg mit zunehmendem Alter das Verlustrisiko von Endpfiler- und Freidendbrücken bis zum Fünffachen an.⁶⁶

Auch in der retrospektiven Kohortstudie von *Palmqvist und Swartz* aus dem Jahr 1993 wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überlebenszeit der Endpfiler- und Freidendbrücken und dem Alter dokumentiert. Bei Patienten unter 29 Jahren blieben 80% der Restaurationen komplikationslos, während bei Patienten ab einem Alter von 30 bis 49 Jahren lediglich 44% der Restaurationen keine Komplikationen aufwiesen.

4.4.2 *Geschlecht des Patienten*

Leempoel et al. führten in ihrer Studie von 1995 39% männliche und 61% weibliche Patienten auf. Bei der Ermittlung von Einflussfaktoren auf die Überlebensrate der untersuchten Freund- und Endfeilerbrücken stellte das Geschlecht keine signifikante Einflussgröße dar.⁷⁵ *Holm et al.* beschrieben in ihrer retrospektiven Studie einen nicht signifikanten Unterschied des Geschlechtes in Bezug auf die Überlebensrate hinsichtlich festsitzender Restaurationen.⁵⁴ Auch bei *Hälg, Kerschbaum et al., Palmqvist und Swartz, Eliasson et al.* und *Rehmann et al.* stellte die Variable „Geschlecht“ keine signifikante Einflussgröße dar.^{37, 45, 66, 94, 105}

Ähnliche Ergebnisse wies auch die Studie von *Cristea et al.* auf. Hier wurde die Überlebens- und Erfolgsrate von Endfeiler- und Freundbrücken auf natürlichen Zähnen oder Implantaten ermittelt. Die patientenspezifischen Parameter wie das Alter oder das Geschlecht stellten in dieser Studie ebenfalls keine signifikante Einflussgröße dar.²²

Yi et al. untersuchten in ihrer Langzeitstudie Daten zur longitudinalen Veränderung der Menge an Stützgewebe, die die Pfeiler der Freund- und Endfeilerbrücken umgibt. Dabei wurde unter anderem der Einfluss des Geschlechtes untersucht, es konnten aber ebenfalls keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.¹³⁸

Demgegenüber stellte *Schnaidt* in der vergleichenden Studie von 2011 einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Einfluss des Geschlechtes und der Verweildauer der untersuchten Brücken (mit $p=0,02$) fest. Die Überlebensrate des Zahnersatzes war hier bis zum fünften Jahr annähernd identisch, nach zehn Jahren lag sie im Vergleich jedoch bei Frauen mit 72,5% niedriger als bei Männern mit 86,7%.¹¹⁵

Nach den Ergebnissen von *Rammelsberg et al.* war das Geschlecht die einzige Variable, die einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Chipping hatte. Die Gefahr des Chippings war demnach bei Männern 2,2-mal höher als bei Frauen.¹⁰¹

4.4.3 Lokalisation der Freidendbrücke (Ober-/Unterkiefer)

Den Einfluss der Lokalisation einer Freidendbrücke auf die Überlebenszeit untersuchten zahlreiche Studien^{27, 37, 54, 55, 58, 94, 101, 105}, konnten aber keinen signifikanten Zusammenhang finden. *Decock et al.* stellten fest, dass scheinbar mehr Versorgungen im Unterkiefer (38%) einen Funktionsverlust erlitten als im Oberkiefer (25%), dieser Unterschied war jedoch nicht signifikant ($p=0,650$).²⁹

Romeo et al. beschrieben in ihrer Studie die Prognose von festsitzendem Zahnersatz auf Implantaten und den marginalen Knochenverlust an Implantaten über die Jahre.¹¹¹ Auch hier hatte die Lokation der Versorgung keinen signifikanten Einfluss auf die Prognose. *Schnaidt* überprüfte in ihrer vergleichenden Untersuchung zur Verweildauer von Teilkronen-, Extensions- und Endpfilerbrücken ebenfalls unter anderem den möglichen Einfluss der Lokalisation der drei Brückenarten auf die Überlebensrate. Dieser Einfluss stellte sich auch in ihrer Studie als nicht signifikant dar.¹¹⁵

Hälg überprüfte in seiner Studie von 2008 die periimplantäre Veränderung des Knochenniveaus bei implantatgetragenen Kronen, Endpfilerbrücken und Freidendbrücken und verglich dabei die Ergebnisse des Ober- und Unterkiefers. Die Regressionsanalysen zeigten, dass die Wahl des Kiefers, in dem die Implantation erfolgte, einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Knochenverlust hatte. Die Ergebnisse zeigten zwar einen stärker ausgeprägten Knochenverlust der Implantate im Ober- als im Unterkiefer bei beiden Brückenarten, der Knochenverlust der Implantate innerhalb eines Kiefers unterschied sich jedoch zwischen Freidendbrücken und Endpfilerbrücken nicht signifikant.⁴⁵

Kerschbaum et al. untersuchten 1991 die Verweilzeit und Risikofaktoren von festsitzendem Zahnersatz. Sie stellten zwar keinen signifikanten Einfluss der Lokalisation hinsichtlich des Ober- und Unterkiefers fest, aber einen signifikanten Einfluss der Lokalisation der Endpfiler- und Freidendbrücken innerhalb eines Kiefers auf die Überlebenszeit ($p=0,0001$). Endpfiler- und Freidendbrücken im Seitenzahnbereich zeigten im Vergleich zu jenen im Frontzahnbereich ein um 50% reduziertes Risiko für einen Funktionsverlust.⁶⁶

Kim et al. stellten in ihrer retrospektiven Studie einen signifikanten Einfluss der Lokalisation der Restauration auf den Knochenverlust fest. Dabei wurden signifikant größere Veränderungen des Knochenlevels im posterioren Unterkiefer im Vergleich zum Oberkiefer festgestellt ($p=0,01$).⁶⁸

4.4.4 Gegenkieferbezahnung

Rehmann et al. untersuchten in einer retrospektiven Analyse den Einfluss der Gegenkieferbezahnung auf die Überlebensrate von Freidendbrücken und stellten dabei keine statistische Signifikanz fest.¹⁰⁵

Im Gegensatz dazu fand *Izikowitz* in seiner Studie einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Gegenkieferbezahnung und der Überlebenszeit von Freidendbrücken mit einer bedeutend schlechteren Prognose bei herausnehmbarem Zahnersatz im Gegenkiefer ($p<0,05$).⁵⁸

In der prospektiven Studie von *Romeo et al.* wurden implantatgetragene Freidendbrücken untersucht. Dabei sollte die Knochenresorption derjenigen Implantate evaluiert werden, die dem Freidendglied am nächsten liegen. Ergänzend dazu wurde auch der Einfluss der Gegenkieferbezahnung geprüft. Verglichen wurde die Gegenkieferbezahnung in Form von natürlichen Zähnen, festsitzendem Zahnersatz getragen von natürlichen Zähnen und implantatgetragenen Zahnersatz. Es konnte jedoch kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Knochenresorption festgestellt werden.¹¹¹ *Randow* untersuchte den möglichen Einfluss der Gegenkieferbezahnung auf die Häufigkeit von technischen Fehlern bei Freidend- und Endpfilerbrücken, fand allerdings ebenfalls keinen statistisch signifikanten Zusammenhang ($p=0,779$).¹⁰³ In ihrer retrospektiven Studie konnten *Eliasson et al.* ebenso keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Bezahnung im Gegenkiefer und den aufgetretenen biologischen und technischen Komplikationen bei Einzelzahnkronen, Freidend- und Endpfilerbrücken feststellen.³⁷

4.4.5 Pfeileranzahl der untersuchten Freidendbrücken

Decock et al. betrachteten in ihrer Studie von 1996 unter anderem das Verhältnis zwischen Brücken- und Pfeilerzahnlänge bei gescheiterten und nicht gescheiterten Restaurationen. Sie konnten jedoch keinen signifikanten Einfluss des Längenverhältnisses zwischen Pfeilerzahn und Brückenlänge auf die Überlebensrate der Endpfeiler- und Freidendbrücken nachweisen. Sie stellten dazu die Vermutung auf, dass die fehlende Signifikanz auf der geringen Variabilität der Brückenlänge beruht, da der Großteil der untersuchten Konstruktionen aus Freidendbrücken mit zwei Pfeilerzähnen und einem Freidendglied bestand.²⁹ *De Backer* stellte keinen direkten Vergleich zwischen der Pfeileranzahl und der Überlebensrate an, fand jedoch einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der Brückenglieder der festsitzenden Restaurationen und dem Risiko des Retentionsverlustes. Er schlussfolgerte in seiner Studie, dass festsitzender Zahnersatz mit mehr als drei Brückengliedern in Funktion das Risiko für einen Retentionsverlust oder gänzlichen Verlust der Restauration erhöhen kann.²⁷ *Schnaidt* kam in ihrer vergleichenden Studie zu dem Ergebnis, dass weder die Anzahl der Brückenglieder, Brückenpfeiler noch Spannen einen statistisch relevanten Einfluss auf die Überlebensrate hatte.¹¹⁵ *Holm et al.* kam zu ähnlichen Ergebnissen und fand ebenfalls keinen statistisch signifikanten Einfluss der Anzahl der Brückenglieder, Pfeilerzähne und Freidendglieder.⁵⁴ Die Regressionsanalyse von *Horsch* aus der Studie von 2022 ergab für die Anzahl an Brückengliedern ebenfalls keinen signifikanten Effekt auf die Überlebenszeit.⁵⁵

Eliasson et al. verglichen in ihrer retrospektiven Studie den Langzeiterfolg von festsitzendem Zahnersatz, der von zwei oder drei Implantaten getragen wurde. Die aufgetretenen Komplikationen unterschieden sich hinsichtlich der Implantatanzahl signifikant. Schraubenlockerungen traten bei der Gruppe der Versorgungen mit zwei Implantaten signifikant häufiger auf, während bei der Gruppe mit drei Implantaten als Pfeiler mehr Frakturen der Verblendkeramik auftraten. Dennoch sind laut *Eliasson et al.* beide Gruppen in ihrer klinischen Leistung vergleichbar.³⁸

In einer weiteren Studie aus dem Jahr 2007, in der die Überlebens- und Komplikationsraten von Brücken und Kronen aus Kobalt-Chrom-Metall-Keramik über drei bis sieben Jahre ermittelt wurden, beschrieben *Eliasson et al.* einen signifikanten Unterschied im Auftreten von Komplikationen. Patienten mit technischen und

biologischen Komplikationen hatten mehr Pfeilerzähne ($p=0,034$) und weniger Brückenglieder ($p=0,022$).³⁷

Becker untersuchte in seiner retrospektiven Kohortstudie die Überlebensdauer von Freidendbrücken auf Implantaten und dokumentierte 40 Freidendbrücken auf zwei Pfeilern, 19 Freidendbrücken auf drei Pfeilern und eine mit lediglich einem Pfeiler. Ein Unterschied in den Überlebensraten zwischen den Freidendbrücken war hierbei jedoch nicht feststellbar.⁹

Kerschbaum et al. ermittelten demgegenüber in ihrer Studie von 1991 einen signifikanten Einfluss der Pfeilerzahnanzahl auf die Überlebensrate ($p=0,0005$). Freidendbrücken mit nur einem natürlichen Pfeilerzahn hatten ein mehr als doppelt so hohes Risiko für einen Funktionsverlust als Freidendbrücken mit zwei natürlichen Pfeilerzähnen. Dabei wurden Freidendbrücken im Allgemeinen als primär höher verlustgefährdet (ca. 40%) eingeschätzt als Endpfeilerbrücken.⁶⁶

Rehmann et al. fanden ebenfalls einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Anzahl der Pfeilerzähne und der Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken ($p<0,05$). Demnach hatten Restaurationen mit zwei Pfeilerzähnen (9,0-12,2 Jahre) eine längere Überlebenszeit als diejenigen mit drei oder mehr Pfeilern (7,5-9,2 Jahre).¹⁰⁵

4.4.6 Art des Pfeilers (natürlicher Zahn/Implantat/Hybrid)

Pjetursson et al. berichteten in ihrer Meta-Analyse aus dem Jahr 2004 über einen Vergleich von festsitzenden Endpfeilerbrücken, die im Unterkiefer zum einen durch zwei Implantate getragen wurden und zum anderen auf einen natürlichen Zahn und einem Implantat in Kombination gestützt wurden. Der Oberkiefer war bei den gewählten Probanden mit Totalprothesen versorgt. Nach zehn Jahren Beobachtungszeitraum konnte kein signifikanter Unterschied im Erfolg der beiden Versorgungen im posterioren Unterkiefer festgestellt werden und es wurde von den entsprechenden Autoren geschlussfolgert, dass eine Kombination von Implantaten und natürlichen Zähnen als Pfeiler für die Versorgung des posterioren Unterkiefers eine gute Alternative darstellen kann.⁷²

Rammelsberg et al. stellten in ihrer Studie ein tendenziell höheres Auftreten von vorwiegend technischen Komplikationen bei ausschließlich implantatgetragenen Restaurationen fest im Vergleich zu feststehendem Zahnersatz, der von natürlichen Zähnen und Implantaten in Kombination getragen wurde. Die durchgeführte Cox-Regressionsanalyse und der Log-Rank-Test bestätigten hier einen signifikanten Unterschied.¹⁰¹

4.4.7 Position des Freigliedes (mesial/distal)

In Bezug auf die Überlebensrate fanden *Rehmann et al.* keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Freidbrücken mit mesialem oder distalem Freiede auf natürlichen Zähnen ($p < 0,05$).¹⁰⁵ *Schnaidt* beschrieb in ihrer Studie von 2011 neben Endfeilerbrücken und Teilkronenbrücken auch Freidbrücken auf natürlichen Zähnen mit insgesamt 63 Anhängern, von denen sich 41,5% mesial und 58,5% distal befanden. Sie fand ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenszeit.¹¹⁵

Romeo et al. prüften in ihrer prospektiven Studie über implantatgetragene Freidbrücken den möglichen Zusammenhang zwischen periimplantärer Knochenresorption und verschiedenen Parametern, darunter auch die Länge und Position des Freigliedes. Mesial befindliche Freidglieder hatten eine niedrigere Erfolgsrate (97,1%) als Freidbrücken mit einem distalen Freidglied (100%), der Unterschied war jedoch nicht signifikant.¹¹⁰

Horsch bezog in seiner retrospektiven Studie über das Überleben und die Komplikationen von implantatgetragendem feststehendem Zahnersatz 75 Freidbrücken ein, von denen 48% ein mesiales Freiede und 52% ein distales Freidglied besaßen. Die Unterschiede hinsichtlich aufgetretener Komplikationen waren auch hierbei nicht signifikant ($p = 0,628$).⁵⁵

In einer retrospektiven Kohortstudie von 2014 untersuchten *Kim et al.* 128 Extensionsbrücken, die von 132 Implantaten getragen wurden. Ausgehend von der Implantatposition befanden sich 71 Freidglieder mesial, 61 Freidglieder waren distal positioniert. Statistisch signifikante Unterschiede traten im radiologisch ermittelten Knochenverlust zwischen den beiden Gruppen nicht auf.⁶⁸ *Rammelsberg et al.*

untersuchten relevante Faktoren für das Auftreten von Chipping bei implantatgetragenen und hybriden Endfeiler- und Freidendbrücken, kamen aber ebenfalls zu dem Ergebnis, dass die Position des Freidendgliedes keinen Einfluss nimmt.¹⁰¹

4.4.8 Zahngruppe des Freidendgliedes

Jensen-Louwerse et al. prüften in ihrer retrospektiven Fallserie von 2021, ob eine Korrelation zwischen der Veränderung des periimplantären Knochenniveaus und der Position des Implantats in der Molaren- oder Prämolarenregion bei Freidendbrücken besteht. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang konnte dabei nicht nachgewiesen werden.⁵⁹

In seiner retrospektiven Studie untersuchte *Becker* den Langzeiterfolg von implantatgetragenen Freidendbrücken über zehn Jahre hinweg. Dabei befanden sich sechs Freidendbrücken im Unterkiefer zum Ersatz von Prämolaren. Im Oberkiefer wurden 54 Freidendbrücken eingesetzt, 20 davon wurden zum Ersatz eines Molaren verwendet. 26 Freidendbrücken ersetzten laterale Inzisivi, sechs einen Prämolaren und zwei dienten zum Ersatz von Eckzähnen. In keinem dieser Fälle wurde ein Funktionsverlust der Freidendbrücke dokumentiert.⁹

4.4.9 Häufigkeit des Recalls beziehungsweise der Nachuntersuchung

Bereits *Axelsson und Lindhe* untersuchten und erkannten in ihrer Longitudinalstudie von 1991 die Bedeutung eines regelmäßig durchgeführten Recalls. Über einen Zeitraum von 15 Jahren wurden in ihrer Studie der Status der oralen Mundhygiene, das Auftreten von Karies, Gingivitis, Sondierungstiefen und das Attachmentlevel untersucht. 95% der untersuchten Probanden kamen ein- bis zwei Mal pro Jahr zur Kontrolluntersuchung. Diejenigen, die neue kariöse Läsionen oder voranschreitenden Attachmentverlust hatten, wurden drei- bis sechs Mal pro Jahr einbestellt. Nach drei bis sechs Jahren zeigten sich bereits deutliche Unterschiede zwischen der Test- und Kontrollgruppe. Die Probanden der Testgruppe mit regelmäßig durchgeführten Recalls zeigten ein selteneres Auftreten von Karies und verbesserte parodontale Verhältnisse, während die Kontrollgruppe eine

durchschnittliche Zunahme von 12 bis 15 kariösen Oberflächen und einen durchschnittlichen Attachmentverlust von 1,2mm verzeichnete. Auch nach 15 Jahren lag bei regelmäßig durchgeführtem Recall eine verbesserte Mundhygiene mit einem durchschnittlichen Plaque-Index von 10-20%, weniger kariöse Läsionen und ein Rückgang von Zahnfleischentzündungen von 20-25% auf 2-3% vor. Auch die Sondierungstiefen verbesserten sich über den Beobachtungszeitraum um durchschnittlich 0,4 bis 0,7mm. Darüber hinaus wurde im Vergleich zur anfänglichen Messung ein Attachmentgewinn von durchschnittlich 0,2mm beobachtet.⁵

Nur wenige Studien untersuchten den direkten Zusammenhang zwischen der Recall-Häufigkeit und der Überlebensdauer der Freidendbrücken. Bei *Nyman et al.* fanden alle drei bis sechs Monate Recalls statt, bei denen die Patienten jeweils ein Scaling sowie eine professionelle Zahnreinigung erhielten. Abschließend wurde zudem jedes Mal eine Mundhygieneinstruktion durchgeführt. Nach Abschluss der Erstbehandlung und ein Jahr später wurden schließlich bei allen Patienten der Plaque Index, die gingivalen Verhältnisse und die Sondierungstiefen sowie das Attachmentlevel und die Alveolarknochenhöhe gemessen. Zwischen Freidendbrücken und anderen untersuchten Brückenkonstruktionen konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden bezüglich der Sondierungstiefe, des Attachmentlevels sowie der Alveolarknochenhöhe. Die Überlebensrate der Freidendbrücken und Endpfeilerbrücken lag bei diesem Vorgehen bei 92% nach fünf bis acht Jahren.⁸⁷ *Karlsson* beschrieb in seiner Studie regelmäßige Kontrollen der Freidendbrücken und seiner Pfeiler als wesentliche Voraussetzung für eine günstige Langzeitprognose. Dementsprechend wurden in seiner Studie in der Regel ein- bis zwei Mal jährlich Recalls durchgeführt. Die Überlebensrate der Freidendbrücken lag in dieser Studie bei 93,3% nach zehn Jahren.⁶² *Rehmann et al.* führten als möglichen Einflussfaktor auf die Überlebensrate von Freidendbrücken ebenfalls die Häufigkeit der Teilnahme an Recalls auf, diese stellte sich aber als nicht signifikanten Einflussfaktor heraus.¹⁰⁵

Izikowitz untersuchte in seiner Studie zwar nicht den möglichen Einfluss von Recalls auf das Überleben von Freidendbrücken, beschrieb aber regelmäßige Kontrolltermine zur Anpassung der Okklusion und Artikulation der Freidendbrücken bei einer hohen ermittelten Überlebensrate der Freidendbrücken von 98% nach fünf Jahren.⁵⁸ *Landolt und Lang* führten in ihrer Studie Vorbehandlungen mit parodontaler Sanierung durch. Sie

gaben Mundhygieneinstruktionen in einem Recall-Intervall von sechs Monaten und erzielten nach durchschnittlich 4,6 Jahren eine Überlebensrate von 98% bei Freidendbrücken mit vitalen Pfeilerzähnen. Für Freidendbrücken, deren Pfeiler im Laufe der Beobachtung endodontisch behandelt werden mussten, sank die Überlebensrate dagegen auf 60%.⁷¹ In der Studie von *Budtz-Jorgensen* wurden die Patienten ein- bis zwei Monate nach Eingliederung der Restaurationen zur Kontrolle vorgestellt, danach folgte ein jährliches Recall-Intervall. Hier wurden parodontale, dentale, funktionelle und prothetische Parameter kontrolliert sowie regelmäßige Röntgenkontrollen durchgeführt. Im Laufe der Beobachtungszeit fand kein Voranschreiten der parodontalen Erkrankung statt und es wurde eine Überlebensrate von 81% für Freidendbrücken nach fünf Jahren ermittelt.¹³ In der Studie von *Yi et al.* wurde mindestens einmal jährlich eine professionelle Zahnreinigung mit Evaluation der Mundhygiene bei Patienten mit Endpfeiler- und Freidendbrücken durchgeführt. In diesem Rahmen fand ebenfalls eine Kontrolle der parodontalen Verhältnisse sowie eine Erhebung des Karies-Index statt. Abschließend erhielten die Patienten eine Mundhygieneinstruktion und, bei Bedarf, ein Scaling und Root planing. Auch die okklusalen Verhältnisse wurden überprüft und bei Bedarf Korrekturen vorgenommen, um eine gleichmäßige Kraftverteilung zu erreichen. *Yi et al.* vermuteten, dass das strenge Recall-Programm und ein adäquates Design der Freidendbrücke möglicherweise Faktoren darstellten, die das Langzeitergebnis der Freidendbrücken positiv beeinflusst haben. In ihrer Studie von 1995 konnten *Yi et al.* eine Überlebensrate von 70% nach durchschnittlich 14 bis 15 Jahren bei Freidendbrücken erzielen.¹³⁸ Auch *Schnaidt* führte in ihrer Studie ein regelmäßiges Recallprogramm zur Vorbeugung parodontaler Probleme und so zur Verbesserung der Langzeitprognose ein. Diese lag bei Freidendbrücken nach fünf Jahren bei 86,8% und nach zehn Jahren bei 77,2%.¹¹⁵

5 Material und Methode

5.1 Rahmenbedingungen

Diese retrospektive Longitudinalstudie befasst sich mit der Beständigkeit von Freidendbrücken. Dazu wurden aus einem Patientenkollektiv von über 25.000 Patienten der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen, Stand 11.10.2024, mit Hilfe des abteilungseigenen EDV-Programmes (MZD, Multizentrische Dokumentation) unter Verwendung der Schlagworte „Freiend-“, „Extension“ und „Anhänger“ 87 Patienten herausgefiltert, die im Untersuchungszeitraum von September 2005 bis Oktober 2024 in der Poliklinik mit Freidendbrücken versorgt wurden.

Von den 87 Patienten entfielen sechs Personen aufgrund eines fehlenden (Kontroll-) Termins nach der Eingliederung der Freidendbrücken. Zusätzlich wurden fünf weitere Patienten aus der Studie ausgeschlossen, die Freidendbrücken mit lediglich einem Pfeilerzahn besaßen, da nach Ziffer 22 der Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses für eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche vertragszahnärztliche Versorgung mit Zahnersatz und Zahnkronen' „Freidendbrücken [...] nur bis zur Prämolarenbreite und unter Einbeziehung von mindestens *zwei Pfeilerzähnen* angezeigt [sind]“.⁴² Ein weiterer Patient mit einer Freidendbrücke, die zwei Freidendglieder nebeneinander besaß, wurde ebenfalls aufgrund der zahnärztlichen Richtlinien aus der Studie ausgeschlossen. Drei weitere Patienten, die anstatt mit Freidendbrücken mit einer Adhäsivbrücke versorgt wurden, wurden gleichermaßen aus der vorliegenden Studie ausgeschlossen. Daraus ergab sich schließlich eine Anzahl von 72 in die Statistik einzubeziehenden Patienten mit insgesamt 79 Freidendbrücken.

Die vorbereitende Behandlung und definitive Eingliederung der entsprechend in der Statistik aufgegriffenen Freidendbrücken erfolgte in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen durch approbierte Zahnärzte, sowie Studierende unter ständiger zahnärztlicher Aufsicht. Die Anfertigung der eingegliederten Arbeiten fand nach standardisierten Prozessen in qualifizierten zahntechnischen Laboren

statt. Eine Voraussetzung für die Einbeziehung in die Studie war die Wiedervorstellung des Patienten für mindestens einen Termin nach der Eingliederung.

Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung und Raucher wurden in der vorliegenden Studie ebenso berücksichtigt wie Patienten mit Bruxismus (neun Patienten betroffen) und Patienten mit Parodontitis (14 Patienten betroffen). Parodontitispatienten werden standardmäßig umfassend in der Parodontologischen Abteilung in domo behandelt. Die von Bruxismus betroffenen Patienten wurden nach erfolgter Behandlung mit einem Aufbissbehelf versorgt oder besaßen bereits eine intakte Schiene, die weiterhin verwendet werden konnte, um die durch den Bruxismus möglicherweise auftretenden extraaxialen Kräfte zu kompensieren.

Zur besseren Veranschaulichung der Herangehensweise für die Festlegung der in die Studie einbezogenen Patienten und Freidendbrücken dient Abbildung 5.1.

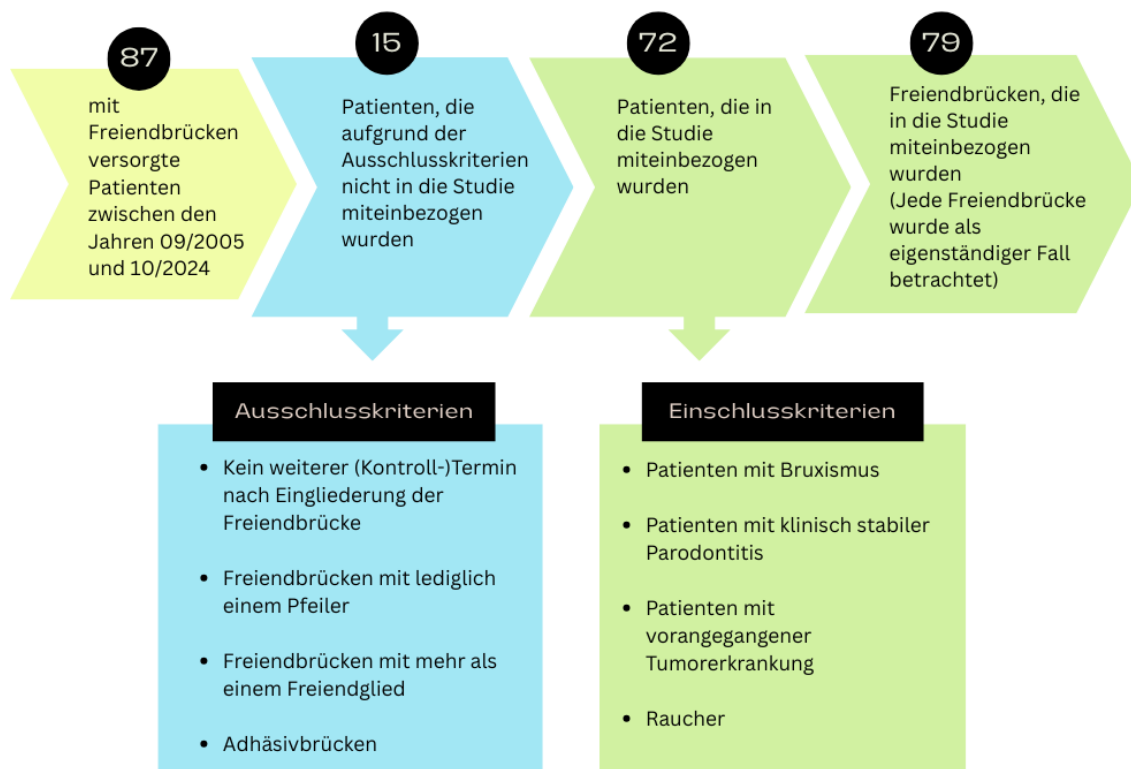


Abbildung 5.1: Herangehensweise für die Festlegung der in die Studie einbezogenen Patienten und Freidendbrücken

5.2 Datenerhebung

Um die Überlebenszeit von Freidendbrücken bis zum Eintreten eines Funktionsverlustes analysieren zu können, wurden folgende Parameter festgelegt und mithilfe der multizentrischen Dokumentation erhoben:

a. Geburtsdatum des Patienten

Dokumentiert wurden der Tag (00), der Monat (00) und das Jahr (0000).

b. Geschlecht des Patienten

Unterschieden wurde in männlich oder weiblich.

c. Eingliederungsdatum der Brücke

Datum der definitiven Eingliederung der Freidendbrücke (= Beginn des Beobachtungszeitraumes)

d. Datum des Funktionsverlustes

Als Funktionsverlust wird die Entfernung der Freidendbrücke angesehen (= Ende des Beobachtungszeitraumes).

e. Datum des letzten Besuches

Dieses wurde notiert, wenn kein Funktionsverlust vorhanden war (= Ende des Beobachtungszeitraumes).

f. Lokalisation der Freidendbrücke

Hier wurde berücksichtigt, ob sich die vorhandene Freidendbrücke im Ober- oder Unterkiefer befand.

g. Gegenkieferbeziehung

Diese wurde unterschieden in Freidendbrücken mit:

- einer natürlichen Beziehung inklusive Implantate und/oder feststehendem Zahnersatz im Gegenkiefer
- einem herausnehmbaren Zahnersatz im Gegenkiefer

h. Pfeileranzahl

Es wurde unterschieden in Freidbrücken mit:

- zwei Pfeilern
- drei Pfeilern & mehr

i. Art des Pfeilers

Folgende Pfeilerarten wurden unterschieden:

- natürliche Zähne
- Implantate
- Kombination aus beiden (Hybrid)

j. Position des Freidgliedes

Es wurde festgehalten, ob sich das Freidglied mesial oder distal befand.

k. Zahngruppe des Freidgliedes

Dabei wurden die folgenden Zahngruppen berücksichtigt, die durch das Freidglied ersetzt wurden:

- Frontzahn
- Eckzahn
- Prämolare
- Molar

l. Recall/Nachuntersuchungen

Es wurde dokumentiert, ob sich der Patient regelmäßig (mind. 1x jährlich) zum Recall vorgestellt hat oder nicht.

m. Grund der Neuanfertigung

Es wurde kontrolliert, ob und wann eine Neuanfertigung stattgefunden hat und welche Gründe dafür aufgeführt wurden.

n. Grund der Entfernung/Extraktion

Es wurde geprüft, ob die Freidbrücke entfernt wurde oder ob eine Extraktion der Pfeilerzähne stattfand und aus welchen Gründen (technische und biologische Komplikationen).

o. Rezementierung

Ob eine Rezementierung stattfand, wurde mit ja oder nein beantwortet.

p. Zement

Für den Fall, dass eine Rezementierung stattgefunden hat, wurde die Art des verwendeten Zements vor Funktionsverlust und beim Wiedereinsetzen der Freidendbrücke notiert.

5.3 Statistische Verfahren

Für die Suche der entsprechenden Daten der einzubeziehenden Patienten diente das speziell für die Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik in Gießen hausintern entwickelte EDV-gestützte Programm MZD. Dieses MZD-Programm (Multizentrische Dokumentation) befindet sich seit dem Jahr 2004 in Benutzung und beinhaltet alle relevanten patientenspezifischen Angaben und Dokumentationen. Die gewonnenen Daten wurden in Microsoft Excel (Microsoft Office Professional Plus 2019, Microsoft Corp.; Redmond, WA; USA) übertragen und jeweils eine Tabelle für die Kategorie „einzubeziehende Patienten“ und eine für „entfallende Patienten mit Begründung“ erstellt.

Jede Freidendbrücke wurde patientenunabhängig als eigenständiger Fall betrachtet, sodass einzelne Patienten mehrfach in die Datenerhebung einbezogen wurden. Dies war der Fall, wenn Patienten mehr als eine Freidendbrücke (in unterschiedlichen Quadranten) besaßen. Zur Analyse der gesammelten Daten fungierte die Software IBM SPSS Statistics für Windows (Statistical Package for the Social Sciences für Windows, Version 26.0.01, IBM Armonk; NY, USA). Für eine qualifizierte statistische Auswertung stand Herr Dr. Johannes Herrmann (Statistikberatung Dr. Herrmann, Gießen) beratend zur Seite.

Zur Auswertung der Daten wurde die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier mit Gruppenvergleichen durchgeführt. Als Zielereignis wurde der Funktionsverlust der Freidendbrücke festgelegt. blieb während des gesamten Beobachtungszeitraumes das Eintreten des Zielereignisses aus und die entsprechenden Versorgungen waren zum Zeitpunkt des zuletzt dokumentierten Besuches noch funktionstüchtig in situ, wurde eine Zensurierung des jeweiligen Beobachtungsintervalls vorgenommen. Weiterhin sollte mithilfe der Cox-Regression geprüft werden, ob die oben genannten erhobenen Parameter

einen signifikanten Einfluss auf die Statistik hatten. Zum Vergleich statistischer Signifikanzen der neun untersuchten Faktoren wurde der von SPSS angebotene Log-Rank-Test, Breslow-Test sowie der Tarone-Ware-Test verwendet.

6 Ergebnisse

6.1 Gesamtbetrachtung

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 79 Freidendbrücken bei 72 Patienten über den Beobachtungszeitraum von September 2005 bis Oktober 2024 retrospektiv untersucht. Die mittlere Beobachtungsdauer in Bezug auf die Freidendbrücken betrug $5,44 \pm 4,42$ Jahre. Der längste dokumentierte Zeitraum erstreckte sich über 17,03 Jahre. In Abbildung 6.1. wird die Altersverteilung graphisch dargestellt. Insgesamt wurden mehr weibliche als männliche Probanden erfasst. Die Verteilung der Freidendbrücken auf den Ober- und Unterkiefer war relativ ausgewogen, die Gegenkieferbeziehung hingegen bestand in den meisten Fällen aus einer festsitzenden Versorgung. Die Mehrheit der untersuchten Freidendbrücken wurde von zwei natürlichen Pfeilerzähnen getragen. Die Lokalisation der Freidendglieder wies eine geringfügige Prävalenz für mesiale gegenüber distalen Positionen auf. Am häufigsten wurden Molaren und Prämolaren ersetzt. Fast alle Freidendbrücken konnten im Rahmen eines mindestens einmal jährlich durchgeführten Recall-Programms kontrolliert werden. Die Ursachen für aufgetretene Funktionsverluste wurden im Rahmen der vorliegenden Studie ebenfalls dokumentiert und werden in Kapitel 6.1.10 aufgeführt.

6.1.1 Altersverteilung

Das durchschnittliche Patientenalter bei Eingliederung der Freidendbrücken lag bei $57,48 \pm 14,28$ Jahren mit einer Altersspanne von 21,9 bis 81,4 Jahren. In der vorliegenden Studie wurden Freidendbrücken am häufigsten bei Patienten im Alter von 39 Jahren, 53 Jahren, 70 und 72 Jahren sowie im Alter von 86 Jahren eingegliedert. Die nachfolgende Abbildung 6.1 soll diese Verteilung veranschaulichen.

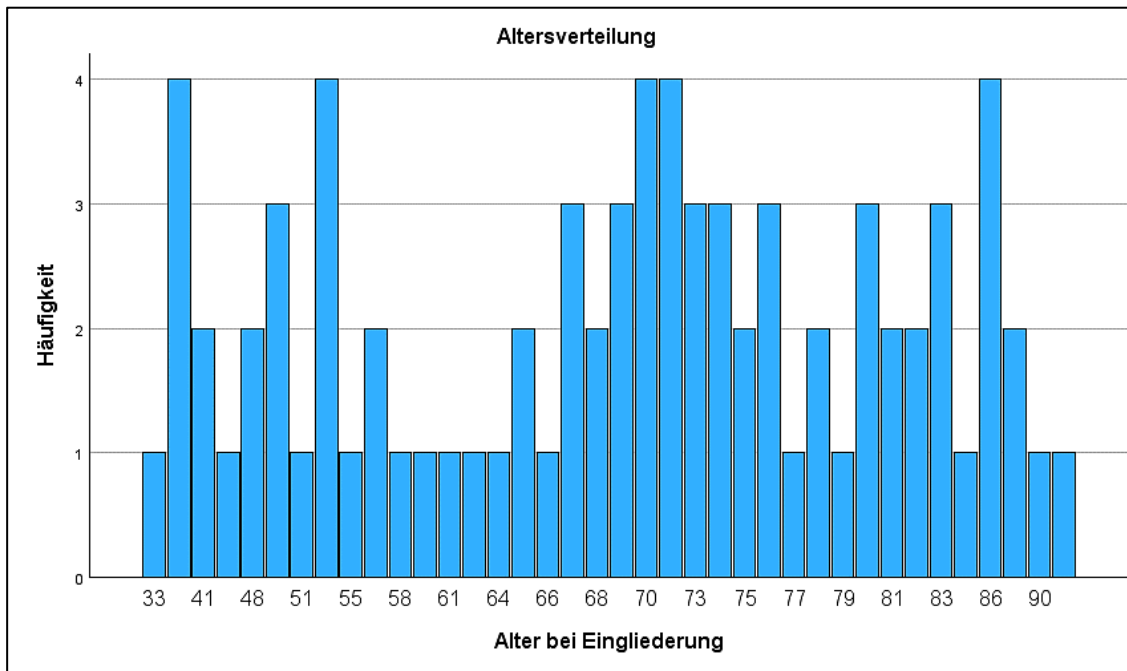


Abbildung 6.1: Altersverteilung bei Eingliederung der Freidendbrücke (n=79)

6.1.2 Geschlechterverteilung

Von insgesamt 79 Freidendbrücken wurden 50 Freidendbrücken bei weiblichen Patienten und 29 Versorgungen bei männlichen Patienten dokumentiert.

6.1.3 Lokalisation der Freidendbrücke

Die Lokalisation der Freidendbrücke wurde in Ober- und Unterkiefer unterteilt. Von den 79 untersuchten Freidendbrücken befanden sich 40 Arbeiten im Oberkiefer und 39 Versorgungen im Unterkiefer.

6.1.4 Art der Gegenkieferbezahnung

Die Gegenkieferbezahnung wurde unterteilt in eine natürliche Bezahnung und in einen herausnehmbaren Zahnersatz. Zur Kategorie der natürlichen Bezahnung wurden auch Implantate und festsitzender Zahnersatz in Form von Brücken und Kronen gezählt. Bei 79 Freidendbrücken wiesen 66 Freidendbrücken eine natürliche Bezahnung im Gegenkiefer auf. Bei 13 Freidendbrücken befand sich im Gegenkiefer ein herausnehmbarer Zahnersatz.

6.1.5 Pfeileranzahl

Bei den Pfeilern wurde in eine Anzahl von zwei Pfeilern oder drei Pfeilern und mehr unterschieden. In der Gesamtheit der untersuchten Freidendbrücken stellten diejenigen Versorgungen die größte Gruppe dar, die zwei Pfeiler besaßen mit einer Anzahl von 60 Freidendbrücken. Bei 19 Freidendbrücken waren drei Pfeiler oder mehr vorhanden.

6.1.6 Art des Pfeilers

Es wurden drei Pfeilerarten unterschieden: natürliche Zähne als Pfeiler, Implantate als Pfeiler oder eine Kombination aus Implantat und natürlichem Zahn als Pfeiler. Davon wurden 56 Freidendbrücken mit ausschließlich natürlichen Zähnen als Pfeiler dokumentiert. 21 Freidendbrücken waren durch Implantate gestützt und zwei Freidendbrücken wurden durch eine Hybridkonstruktion aus Implantaten und natürlichen Zähnen getragen. Aufgrund der geringen Anzahl an Freidendbrücken dieser Gruppe und fehlenden Ereignissen, wurde hier keine Überlebenswahrscheinlichkeit ermittelt. Die Verteilung der Pfeilerarten der eingegliederten Freidendbrücken werden in Abbildung 6.2 dargestellt.

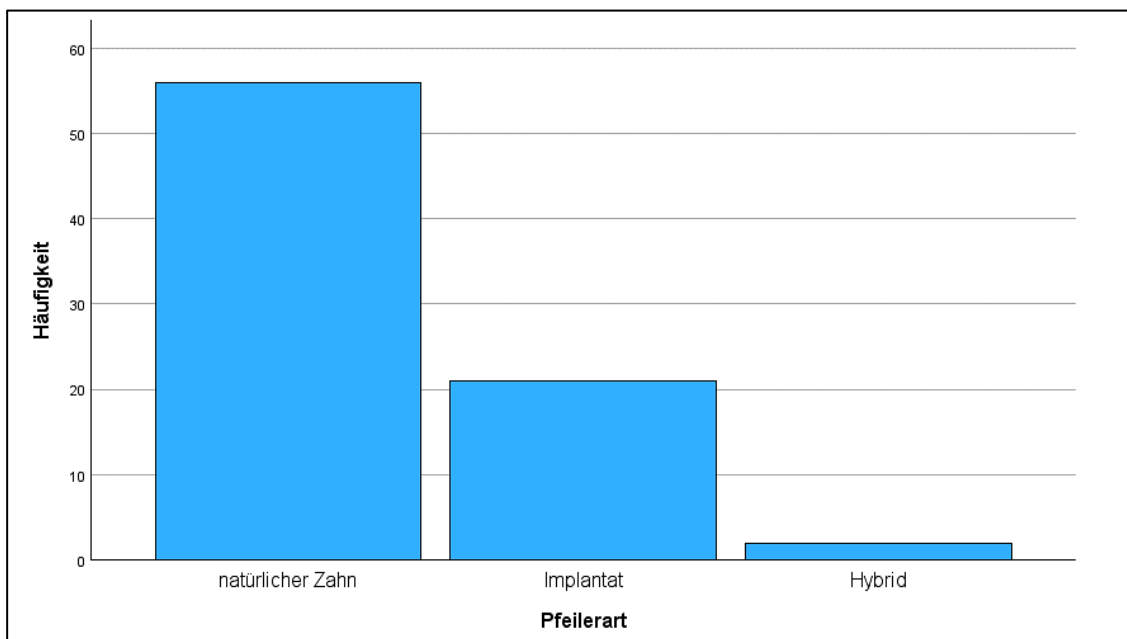


Abbildung 6.2: Verteilung der Pfeilerarten der eingegliederten Freidendbrücken (n=79)

6.1.7 *Position des Freidendgliedes*

Die Position des Freidendgliedes wurde in mesial und distal unterschieden. Aus der Gesamtheit an untersuchten Freidendbrücken waren 43 Freidendglieder mesial und 36 Freidendglieder distal positioniert.

6.1.8 *Zahngruppe des Freidendgliedes*

Die Zahngruppen, die das Freidendglied ersetzt, wurden unterteilt in Frontzähne, Eckzähne, Prämolaren und Molaren. Am häufigsten wurden Prämolaren ersetzt mit 36 von insgesamt 79 Freidendbrücken. Am zweithäufigsten wurden Molaren mit einer Anzahl von 28 Freidendbrücken ersetzt. Innerhalb der Gesamtheit aller untersuchten Freidendbrücken wurden zwölfmal Frontzähne ersetzt und drei Freidendbrücken dienten zum Ersatz von Eckzähnen. Die Verteilung der Zahngruppen, die durch das Freidendglied der eingegliederten Restaurationen ersetzt wurden, werden in Abbildung 6.3 dargestellt.

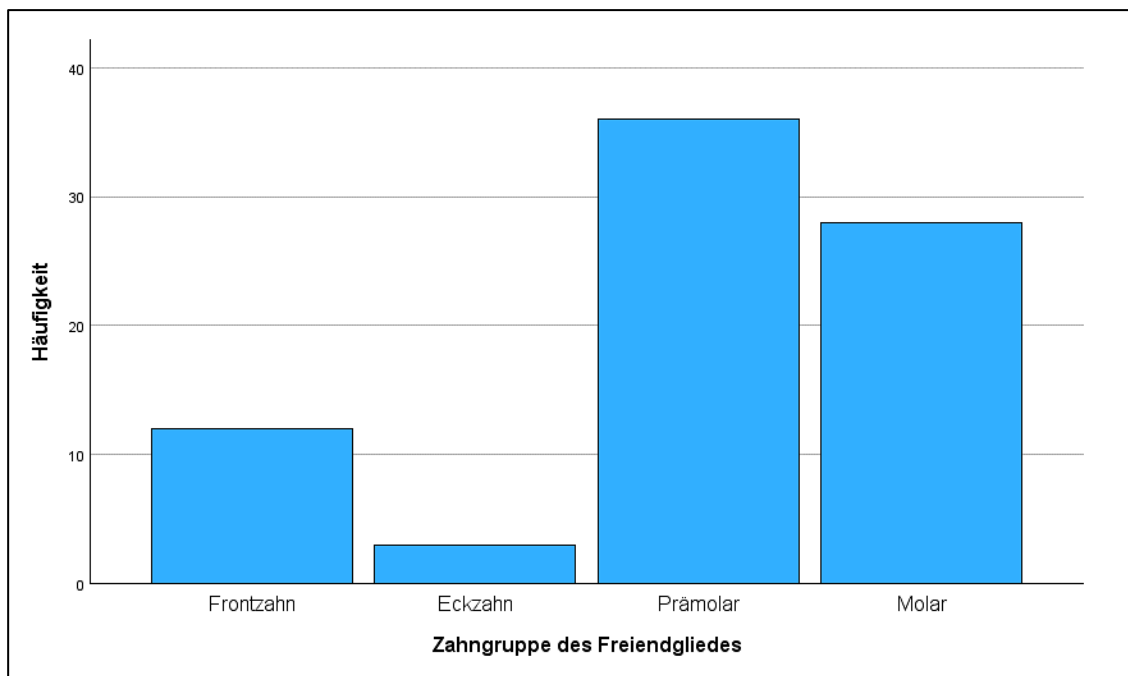


Abbildung 6.3: Verteilung der Zahngruppen bei Eingliederung der Freidendbrücken (n=79)

6.1.9 *Recall/Nachuntersuchung*

Von insgesamt 79 untersuchten Freidendbrücken konnten 72 Versorgungen mindestens 1-mal jährlich im Rahmen des Recallprogrammes kontrolliert werden. Bei den restlichen sieben Versorgungen fand kein regelmäßiger Recall statt.

6.1.10 *Ursachen für den Funktionsverlust der untersuchten Freidendbrücken*

Bei insgesamt 79 in die Studie einbezogenen Freidendbrücken wurden zwölf Funktionsverluste (15,19%) beobachtet. Tabelle 3 führt jeweils die Gründe des Funktionsverlustes sowie deren Häufigkeit prozentual auf. Das Auftreten von Retentionsverlusten wurde in der vorliegenden Studie nicht als Funktionsverlust gewertet, da die betroffenen Freidendbrücken nach Überprüfung der technischen Integrität und Unversehrtheit der Pfeilerzähne erneut zementiert werden konnten. Insgesamt traten innerhalb des Beobachtungszeitraums drei Retentionsverluste auf, die entsprechenden Freidendbrücken wurden mit einem definitiven Einsetzzement (Ketac Cem, 3M ESPE, Deutschland) rezementiert.

Tabelle 3: Gründe für einen Funktionsverlust der Freidendbrücken, n = 79

Gründe für den Funktionsverlust	Häufigkeit	Prozent (%)
Fraktur des Pfeilerzahnes	4	33,33
Periimplantitis am Pfeilerzahn	3	25
Teilresektion des Kieferknochens	2	16,67
Neuversorgung	1	8,33
Parodontitis apicalis am Pfeilerzahn	1	8,33
Pfeilerlockerung	1	8,33
Gesamt	12	100

6.2 Klinische Bewährung von Freundbrücken

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden 79 Freundbrücken bei 72 Patienten dokumentiert und ausgewertet. Die mittlere Beobachtungsdauer der Freundbrücken lag bei $5,44 \pm 4,42$ Jahren. Mithilfe der Überlebenszeitanalyse konnte eine mittlere Überlebenszeit von $13,49 \pm 0,90$ Jahren ermittelt werden. Das Konfidenzintervall reichte dabei von 11,73 bis 15,26 Jahren. Die 5-Jahres-Überlebensrate betrug 85,6%, nach 10 sowie nach 15 Jahren lag sie bei 68,2%. Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand nach 4,85 Jahren statt, während die 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unterschritten wurde. Das durchschnittliche Patientenalter bei Eingliederung lag bei $57,48 \pm 14,28$ Jahren mit einer Altersspanne von 21,9 bis 81,4 Jahren. Insgesamt wurden 79 Freundbrücken analysiert, 12 (15,19%) davon wurden im Verlauf funktionsuntüchtig. Zudem wurden drei Retentionsverluste dokumentiert,

Alle neun Variablen, die betrachtet und in die Statistik mit einbezogen wurden, hatten keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Freundbrücken.

Im Folgenden werden die Abbildungen zur Veranschaulichung der Überlebensfunktion der Freundbrücken (Abbildung 6.4) sowie das kumulierte Funktionsverlustrisiko (Abbildung 6.5) aufgeführt.

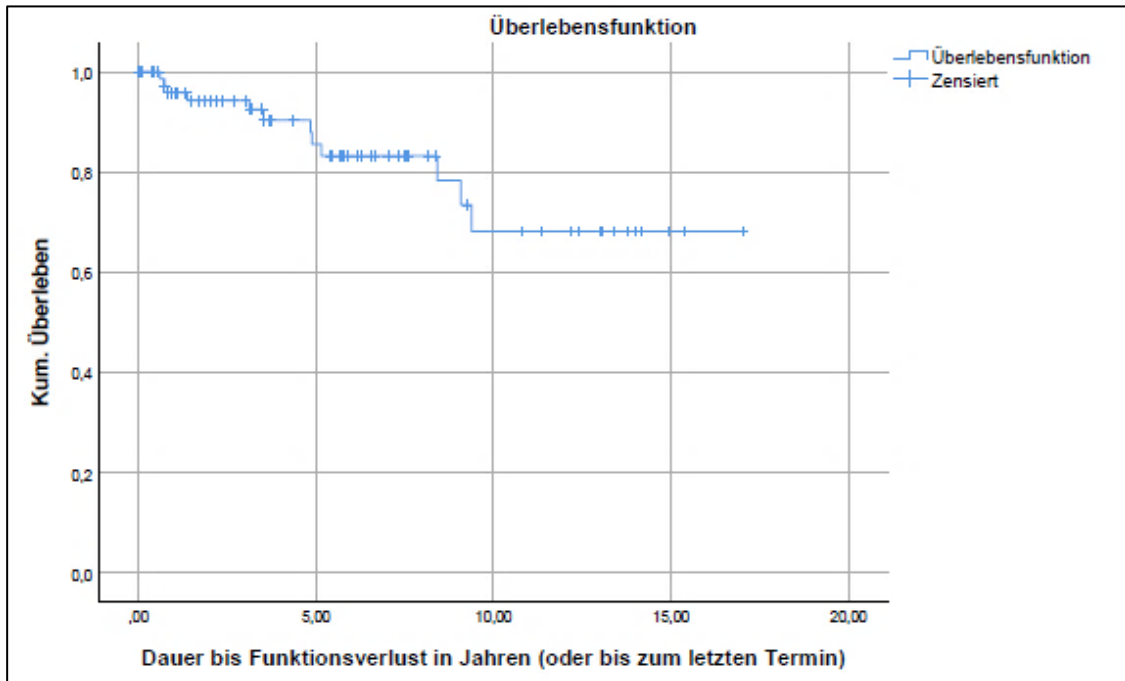


Abbildung 6.4: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Freundbrücken (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

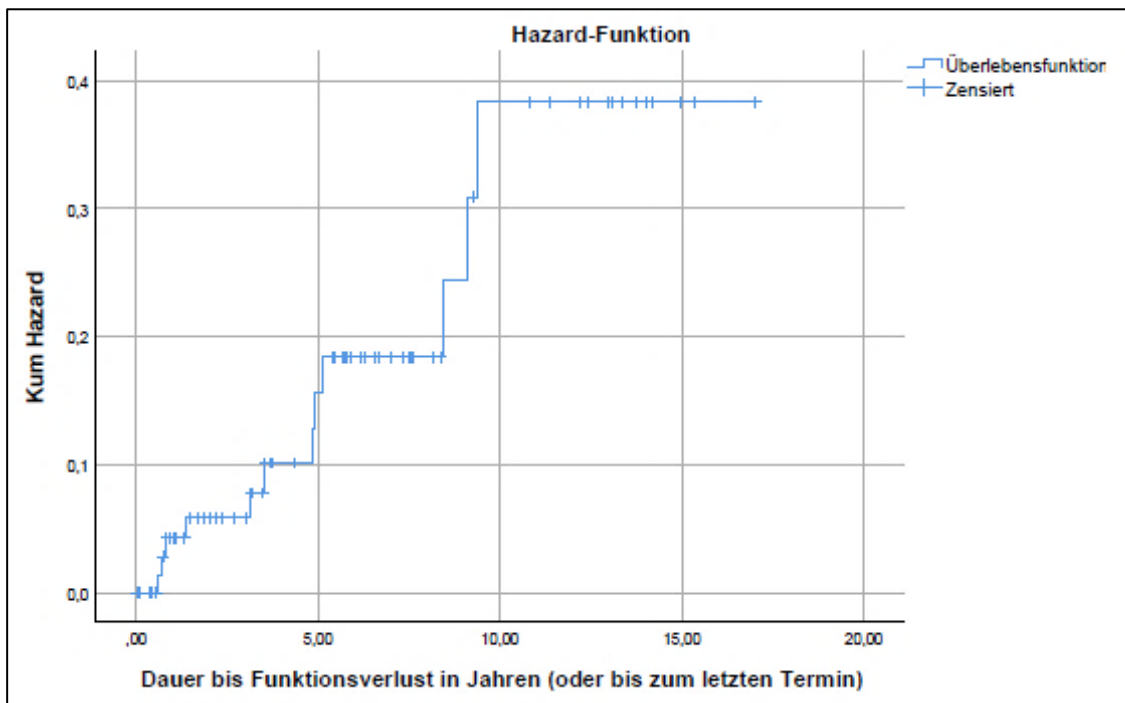


Abbildung 6.5: Kumulative Hazard-Funktion der Freundbrücken (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

6.2.1 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters

Das Alter des Patienten hatte keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken. Tabelle 4 zeigt die Cox-Regression der Freidendbrücken für das Patientenalter. Abbildung 6.6. zeigt die kumulative Überlebensrate der Freidendbrücken in Abhängigkeit des Patientenalters.

Tabelle 4: Cox-Regression der Freidendbrücken für das Patientenalter (Zielereignis: Funktionsverlust), $n = 79$

Variable	Signifikanz	Exp(B)	95,0% Konfidenzintervall für Exp(B)	
			Untere Grenze	Obere Grenze
Patientenalter bei Eingliederung	0,356	1,027	0,971	1,086

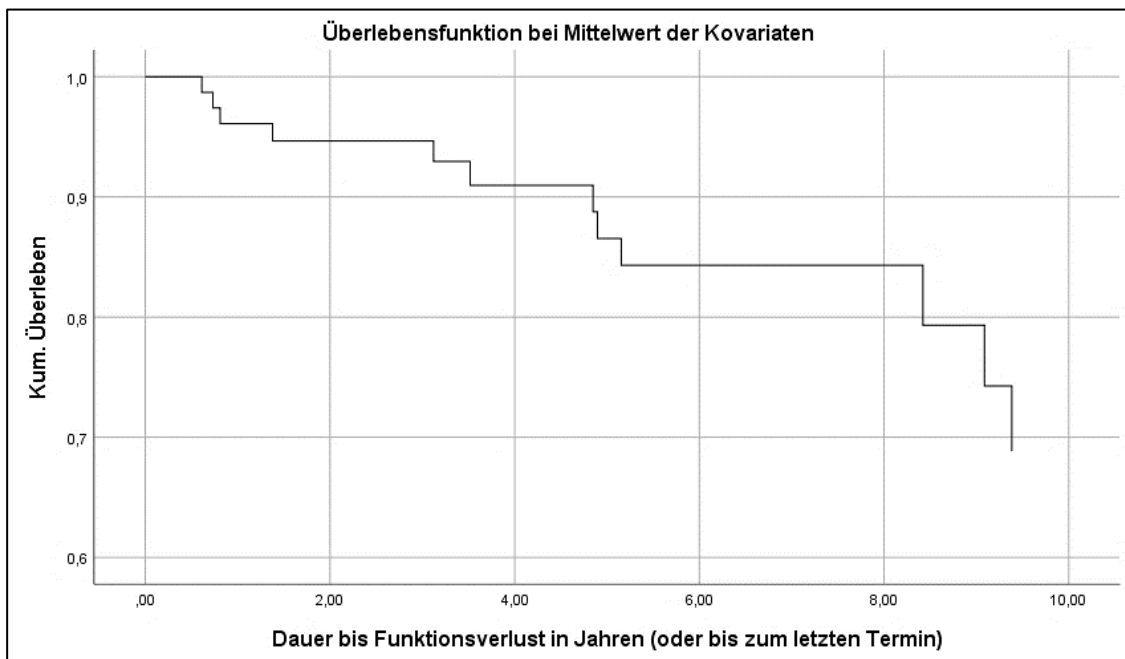


Abbildung 6.6: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit des Alters (Zielereignis: Funktionsverlust), $n=79$

6.2.2 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes

Das Geschlecht der Patienten hatten in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate der Freidendbrücken.

Innerhalb der Gruppe der männlichen Patienten lag die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate bei 78,4% und innerhalb der Gruppe der weiblichen Patienten bei 86,4%. Nach 10 Jahren zeigte die Untersuchung bei den männlichen Patienten eine Überlebensrate der Freidendbrücken von 58,8% und bei den weiblichen Patienten eine Überlebensrate der Versorgung von 75,6%. Die 15-Jahres-Überlebensrate entspricht jeweils den Daten der 10-Jahres-Überlebensraten.

Die Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand bei den männlichen Probanden nach 4,85 Jahren statt, bei den weiblichen Probanden nach 4,90 Jahren. Die 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde weder bei den Männern noch bei den Frauen unterschritten.

Zur graphischen Veranschaulichung der Überlebensfunktion ist in Abbildung 6.7 die entsprechende Kaplan-Meier-Kurve dargestellt. Für das kumulierte Verlustrisiko der Freidendbrücken, für Männer und Frauen getrennt aufgeführt, dient die Abbildung 6.8.

Tabelle 5 bietet eine Zusammenfassung der mittleren Überlebenszeit, den Standard-Fehler und das 95%- Konfidenzintervall.

Tabelle 5: Mittlere Überlebenszeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit des Geschlechtes in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79

Geschlecht	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
männlich	29	6	12,567	1,462	9,703	15,432
weiblich	50	6	12,976	0,919	11,175	14,777

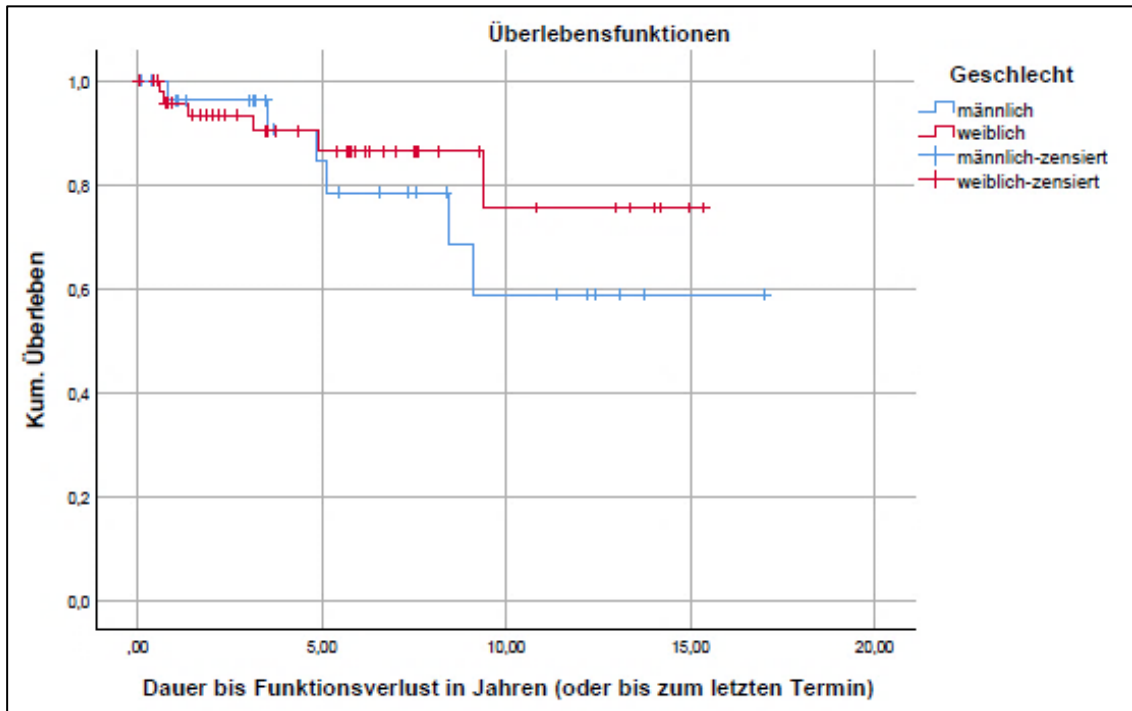


Abbildung 6.7: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielergebnis: Funktionsverlust), n = 79

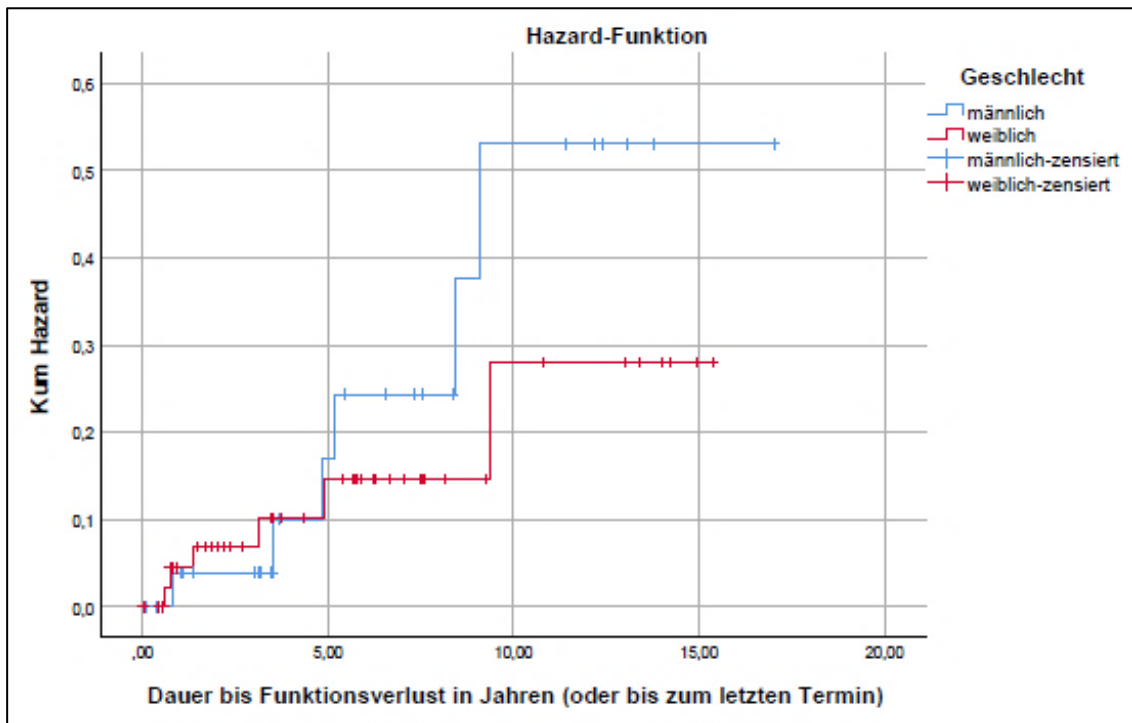


Abbildung 6.8: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

6.2.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation

Alle drei Tests ergaben keinen statistisch signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) der Lokalisation auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Freidendbrücken. Abbildung 6.9 und Abbildung 6.10 zeigen die graphische Darstellung der Überlebensfunktion sowie das kumulierte Verlustrisiko der Freidendbrücken hinsichtlich der Lokalisation im Ober- und Unterkiefer. Tabelle 6 führt die mittlere Überlebenszeit mit zugehörigem Standard-Fehler und dem 95%-Konfidenzintervall im Hinblick auf Lokalisation der Freidendbrücke im Ober- und Unterkiefer auf.

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate ergab für Freidendbrücken im Oberkiefer einen Wert von 78,6%, im Unterkiefer einen Wert von 86,7%. Die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate betrug für Freidendbrücken im Oberkiefer ebenfalls 78,6%, im Unterkiefer sank sie auf 56,2%. Während die 15-Jahres-Überlebensrate für die entsprechenden Versorgungen im Oberkiefer 78,6% betrug, konnte sie für Versorgungen im Unterkiefer nicht erfasst werden, da der Beobachtungszeitraum von 15 Jahren nicht erreicht wurde.

Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit für Freidendbrücken im Oberkiefer fand nach 3,52 Jahren statt, im Unterkiefer nach 4,90 Jahren. Die 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde weder im Oberkiefer noch im Unterkiefer unterschritten.

Tabelle 6: Mittlere Überlebenszeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Lokalisation in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), $n = 79$

Lokalisation	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Oberkiefer	40	5	14,155	1,177	11,847	16,463
Unterkiefer	39	7	11,524	1,062	9,443	13,605

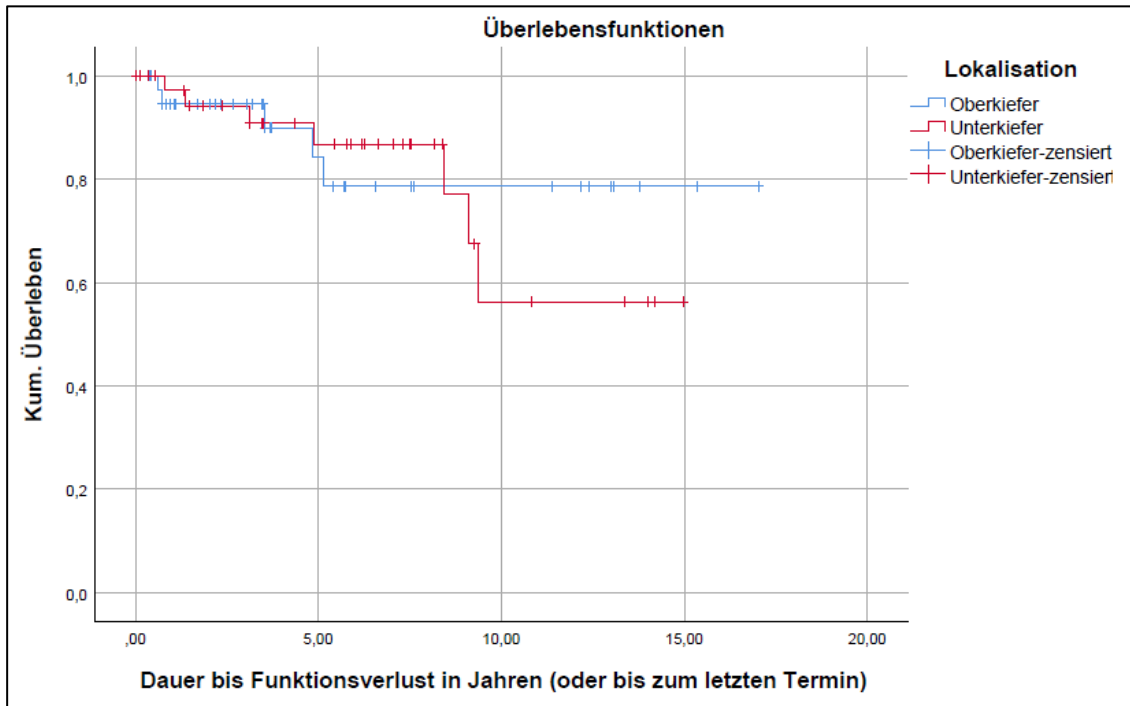


Abbildung 6.9: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit der Lokalisation der Freindbrücke (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

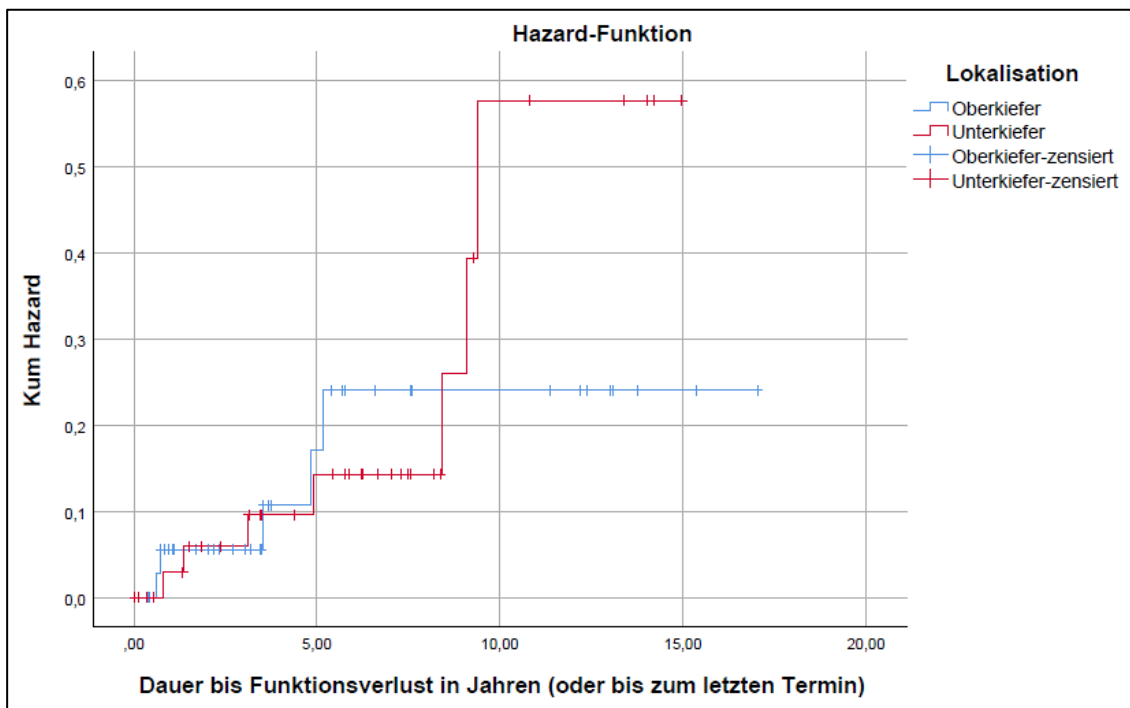


Abbildung 6.10: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit der Lokalisation der Freindbrücken (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

6.2.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaehnung

Der Faktor Gegenkieferbezaehnung hat nach Überprüfung mittels Log-Rank-Test, Breslow- sowie Tarone-Ware-Test ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Freundbrücken. Tabelle 7 zeigt die mittlere Überlebenszeit mit Standard-Fehler und dem 95%-Konfidenzintervall für die Variable „Gegenkieferbezaehnung“. Die Ermittlung der kumulativen 5-Jahres-Überlebensrate bei natürlicher Bezaehnung im Gegenkiefer ergab einen Wert von 81,7%. Sowohl für die 10- als auch für die 15-Jahres-Überlebensrate wurde ein Wert von 64,9% ermittelt. Bei herausnehmbarem Zahnersatz im Gegenkiefer ergab die 5-Jahres-Überlebensrate, ebenso wie die 10-Jahres-Überlebensrate, einen Wert von 90,9%. Eine 15-Jahres-Überlebensrate von Freundbrücken bei herausnehmbarem Zahnersatz im Gegenkiefer konnte aufgrund des zu kurzen Beobachtungszeitraumes nicht ermittelt werden.

Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit für Freundbrücken bei Vorhandensein von natürlicher Bezaehnung im Gegenkiefer wurde nach 4,85 Jahren unterschritten, eine Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand nicht statt. Bei Freundbrücken mit im Gegenkiefer befindlichem herausnehmbarem Zahnersatz wurde die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unterschritten. Die Abbildungen 6.11 und 6.12 stellen die Überlebensfunktion sowie das kumulierte Verlustrisiko der Freundbrücken im Rahmen der Gegenkieferbezaehnung graphisch in Form einer Kaplan-Meier-Kurve und einer Hazard-Funktion dar.

Tabelle 7: Mittlere Überlebenszeit der Freundbrücken in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaehnung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79

Gegenkieferbezaehnung	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Natürliche Bezaehnung	66	11	13,184	0,995	11,233	15,135
Herausnehmbarer ZE	13	1	12,240	1,090	10,104	14,376

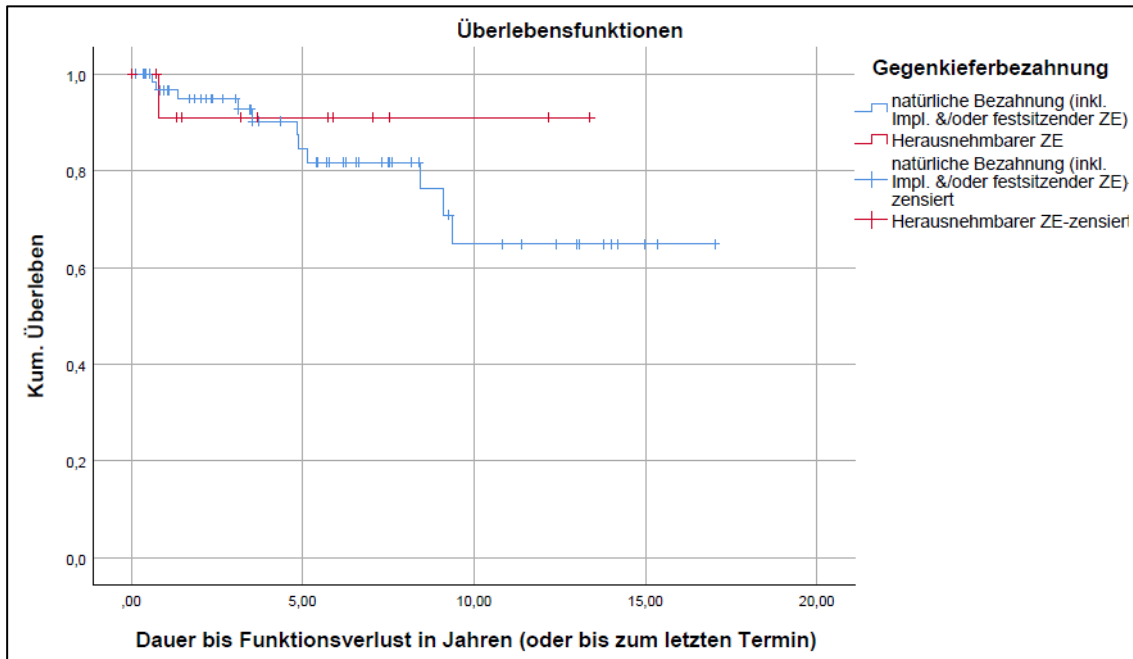


Abbildung 6.11: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Gegenkieferschutzung (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

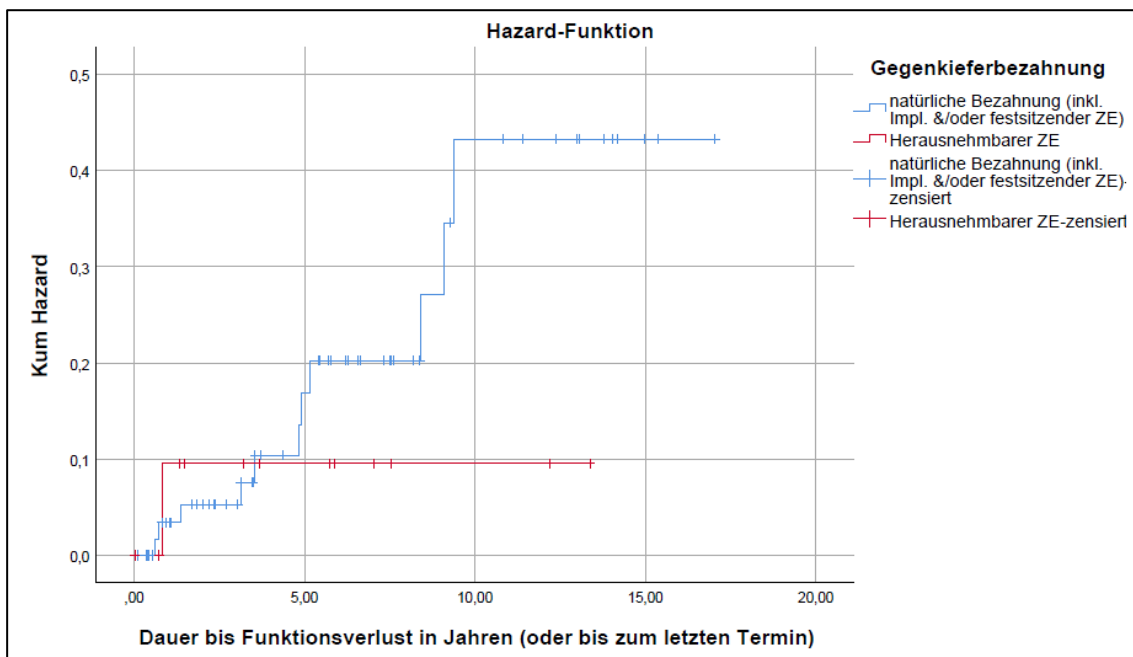


Abbildung 6.12: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Gegenkieferschutzung (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

6.2.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Pfeileranzahl

Ein signifikanter Unterschied der Überlebenswahrscheinlichkeiten von Freidendbrücken hinsichtlich der Pfeileranzahl konnte nicht festgestellt werden ($p > 0,05$). Die nachfolgend aufgeführte Kaplan-Meier-Kurve dient zur graphischen Darstellung der Überlebensfunktion von Freidendbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl in Abbildung 6.13, die kumulative Hazard-Funktion zur Erfassung des entsprechenden Verlustrisikos ist in Abbildung 6.14 zu finden. Aus der nachstehenden Tabelle 8 können die entsprechenden mittleren Überlebenszeiten, der jeweilige Standard-Fehler und das 95%-Konfidenzintervall entnommen werden.

Bei einer Versorgung auf zwei Pfeilern ergab sich eine kumulative 5-Jahres-Überlebensrate von 81,3%. Diese reduzierte sich nach zehn Jahren auf 70,4% und betrug nach 15 Jahren ebenfalls 70,4%. Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate mit drei Pfeilern und mehr ergab für die Freidendbrücken einen Wert von 93,3%, die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate einen Wert von 46,7%. Da ein Beobachtungszeitraum von 15 Jahren bei Freidendbrücken auf drei Pfeilerzähnen oder mehr nicht erreicht wurde, konnte die kumulative 15-Jahres-Überlebensrate nicht analysiert werden. Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand bei Freidendbrücken mit zwei Pfeilerzähnen nach 3,52 Jahren statt, bei drei Pfeilern oder mehr lag diese nach 9,38 Jahren vor. Während es zur Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 9,38 Jahren bei Freidendbrücken auf drei Pfeilerzähnen und mehr kam, wurde sie bei Vorhandensein von lediglich zwei Pfeilern nicht unterschritten.

Tabelle 8: Mittlere Überlebenszeit der Freindbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79

Pfeileranzahl	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
2 Pfeiler	60	10	13,562	0,964	11,672	15,451
3 Pfeiler & mehr	19	2	10,716	1,469	7,837	13,595

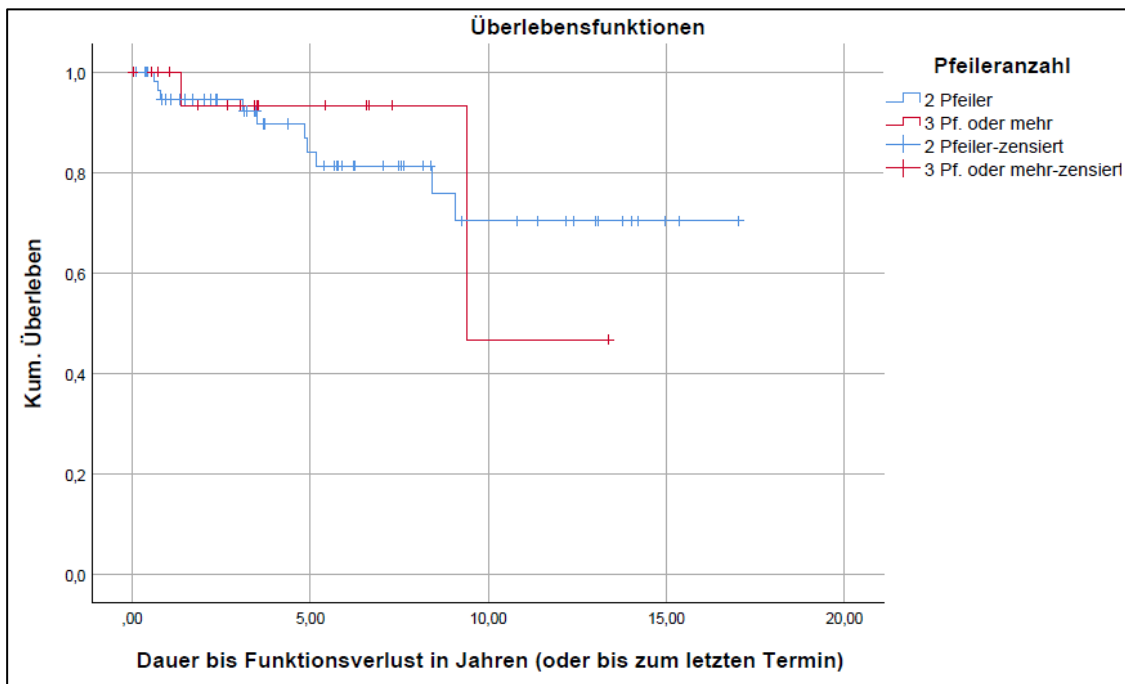


Abbildung 6.13: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

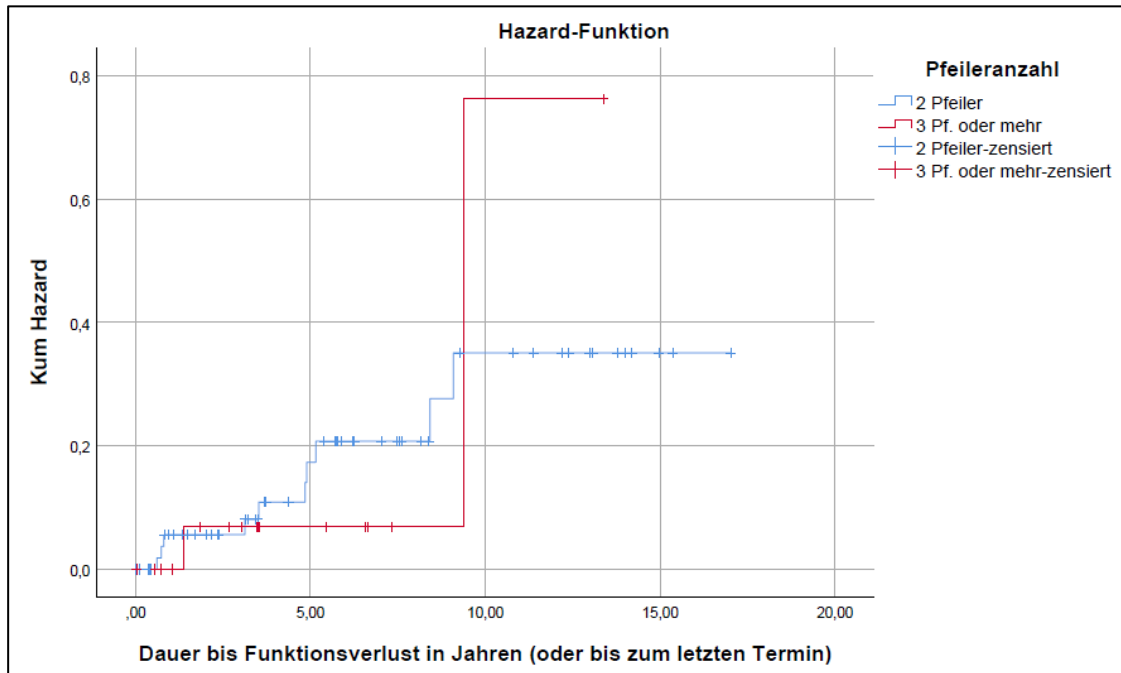


Abbildung 6.14: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl (Zielereignis: Funktionsverlust), $n=79$

6.2.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Art des Pfeilers

Die Art des Pfeilers hatte laut statistischer Analyse ebenfalls keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken. Hybridbrücken konnten in diesem Zusammenhang aufgrund der geringen Anzahl in der vorliegenden Studie nicht aussagekräftig ausgewertet werden. Zur Visualisierung der Überlebensfunktion sowie des kumulativen Verlustrisikos im Hinblick auf die vorangegangenen Faktoren dienen die Abbildungen 6.15 und 6.16. Der Tabelle 9 sind die zugehörigen mittleren Überlebenszeiten mit Standard-Fehler und 95%-Konfidenzintervall innerhalb der untersuchten Pfeilerarten zu entnehmen.

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate für Freidendbrücken mit natürlichen Zähnen als Pfeiler lag bei 81,8%, mit Implantaten als Pfeiler bei 88,4%. Für die 10-Jahres-Überlebensrate konnte ein Wert von 70,1% bei Pfeilern in Form von natürlichen Zähnen ermittelt werden; bei Pfeilern in Form von Implantaten lag der Wert bei 58,9%. Die 15-Jahres-Überlebensrate konnte im Gegensatz zu Versorgungen mit Implantatpfeilern für Freidendbrücken mit natürlichen Zähnen als Pfeiler ermittelt werden, wobei sich ein Wert

von 70,1% ergab. Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde bei beiden Pfeilerarten unterschritten, bei natürlichen Zähnen als Pfeiler erstmalig nach 4,85 Jahren und bei Implantatpfeilern nach 1,38 Jahren. Eine Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit konnte in keinem der beiden Fälle festgestellt werden.

Tabelle 9: Mittlere Überlebenszeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Pfeilerart in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust) n = 79

Pfeilerart	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Natürlicher Zahn	56	9	13,613	0,998	11,658	15,569
Implantat	21	3	11,260	1,461	8,396	14,125
Hybrid	2	0	-	-	-	-

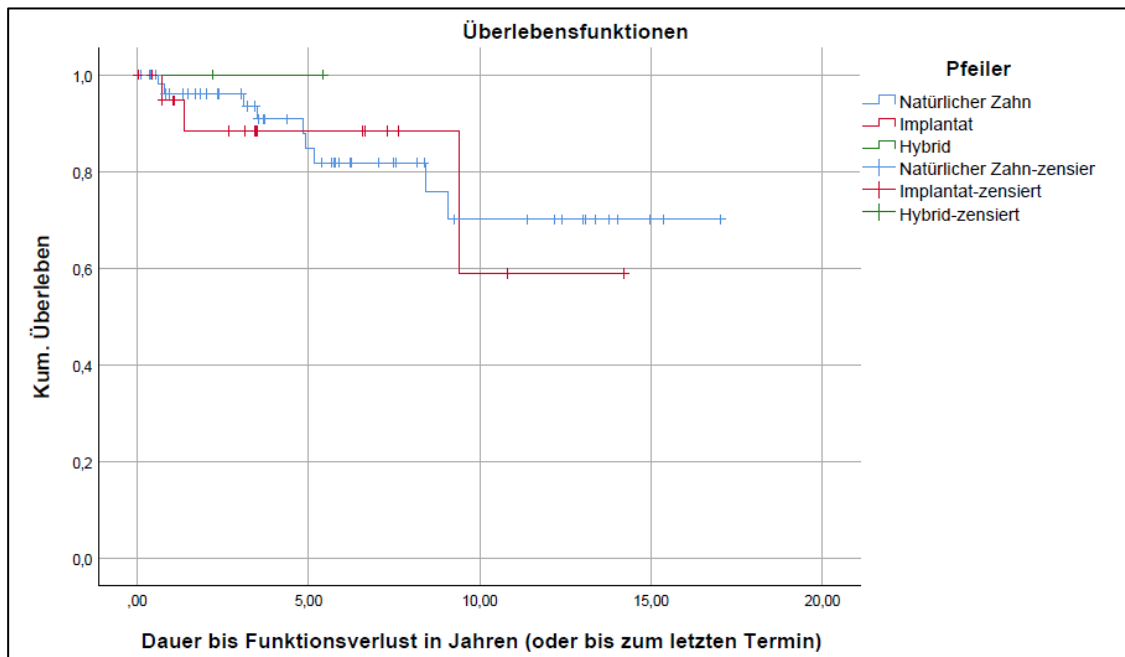


Abbildung 6.15: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Pfeilerart (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

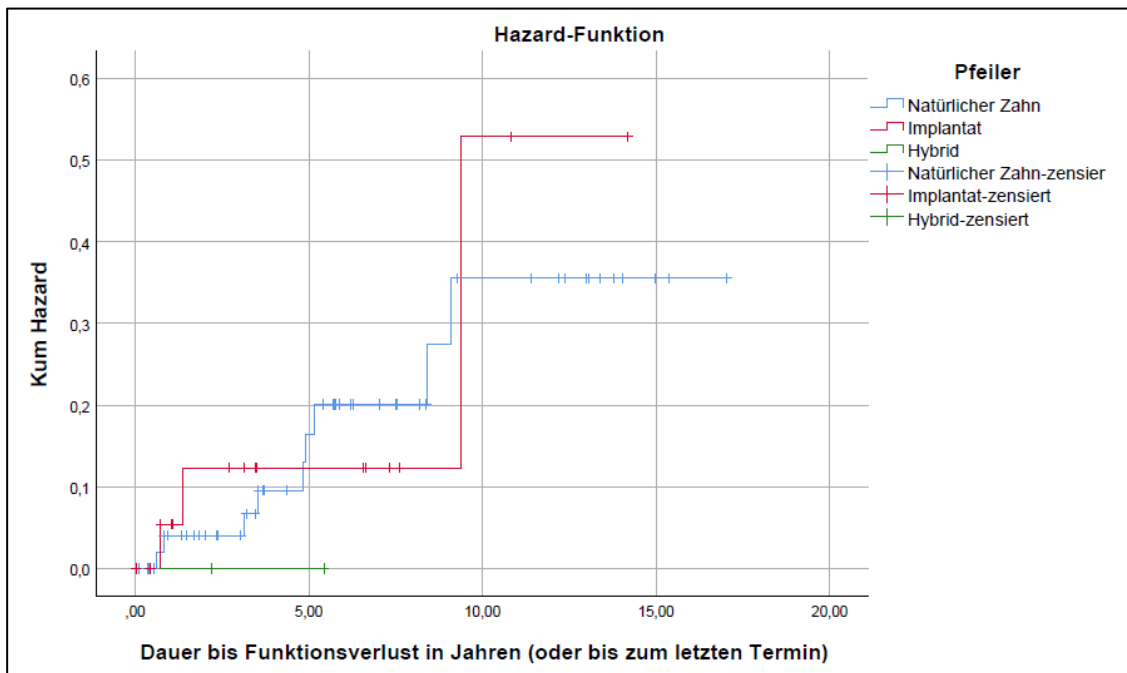


Abbildung 6.16: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Pfeilerart (Zielereignis: Funktionsverlust), $n=79$

6.2.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Position des Freidendgliedes

Die Analyse des Einflusses der Position des Freidendgliedes auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Freidendbrücken ergab keine statistische Signifikanz ($p > 0,05$). Die in Abbildung 6.17 dargestellte Kaplan-Meier-Kurve veranschaulicht die Überlebensfunktion mit der Untergliederung in die jeweiligen Positionen der Freidendglieder. Abbildung 6.18 zeigt die dazugehörige kumulative Hazard-Funktion. Einen Überblick über die mittlere Überlebenszeit mit Standard-Fehler und 95%-Konfidenzintervall gibt die Tabelle 10.

Tabelle 10: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Position des Freidendgliedes in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79

Position Freidendglied	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.- Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
mesial	43	7	11,929	0,988	9,993	13,866
distal	36	5	13,830	1,287	11,307	16,352

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate für Freidendbrücken mit mesialem Freidendglied liegt bei 83,2%. Die Erhebung der kumulativen 10-Jahres-Überlebensrate ergab einen Wert von 64,7%. Die 15-Jahres-Überlebensrate konnte hingegen nicht erfasst werden, da sich die Beobachtung für Freidendglieder mit mesialer Position über einen geringeren Zeitraum erstreckte. Für Freidendbrücken mit distalem Anhänger konnte sowohl die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate mit 83,2%, die kumulative 10-Jahres-Überlebensrate mit 72,8% als auch die kumulative 15-Jahres-Überlebensrate mit ebenfalls 72,8% erhoben werden.

Bei Freidendbrücken mit mesialem Anhänger konnte eine Unterschreitung der 90 %igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 4,85 Jahren dokumentiert werden, bei distalem Anhänger erst nach 3,52 Jahren. In beiden Fällen wurde die 50 %ige Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unterschritten.

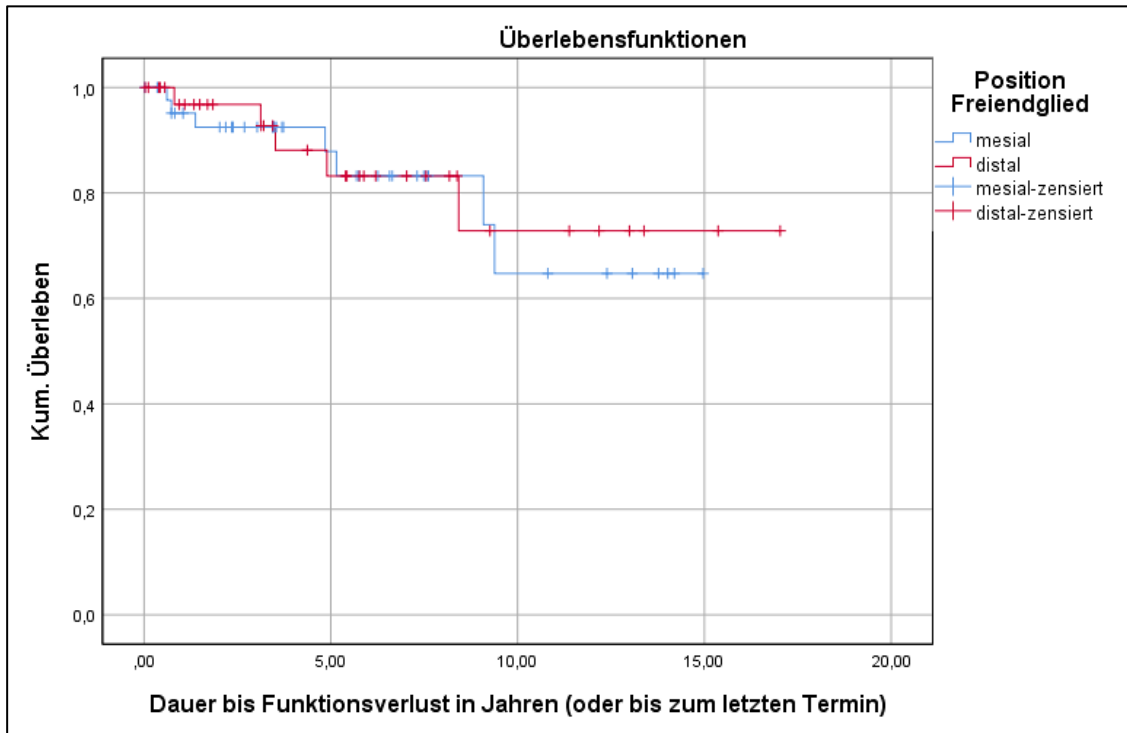


Abbildung 6.17: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit der Position des Freindgliedes (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

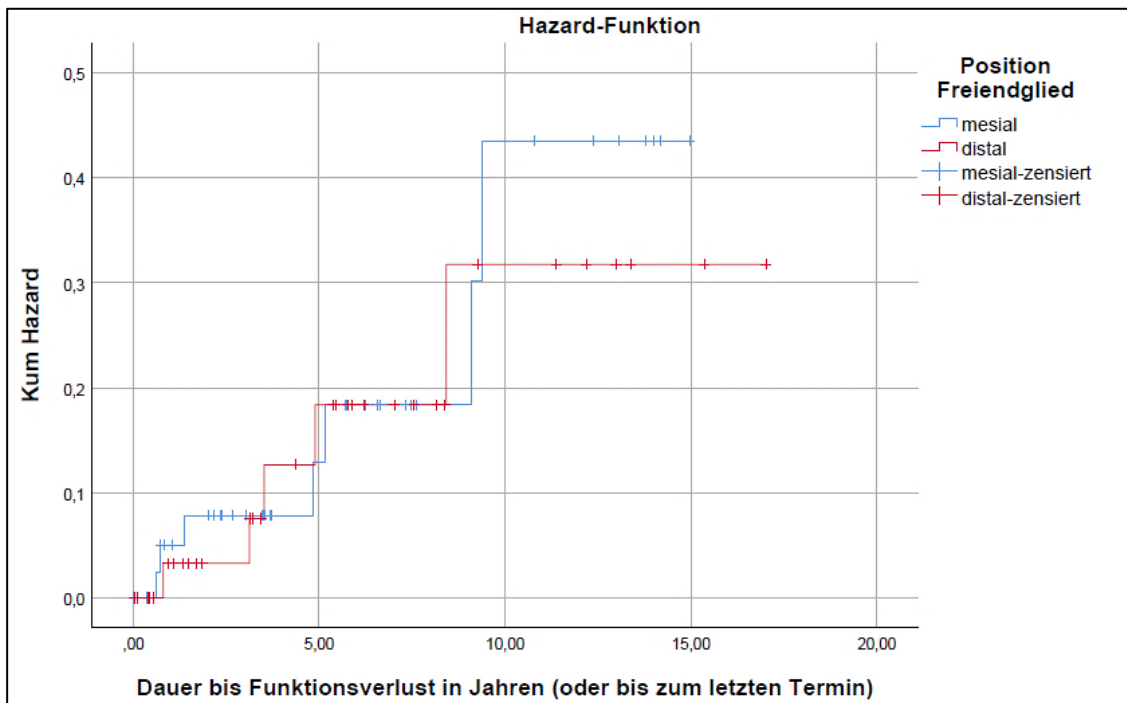


Abbildung 6.18: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freindbrücken in Abhängigkeit der Position des Freindgliedes (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

6.2.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Zahngruppe des Freidendgliedes

Keine der durchgeführten Testmethoden konnte einen statistisch signifikanten Unterschied ($p > 0,05$) für die Überlebenswahrscheinlichkeiten von Freundbrücken entsprechend der Zahngruppen des Freidendgliedes feststellen. In den nachfolgenden Abbildungen 6.19 und 6.20 werden die Überlebensfunktionen sowie das kumulierte Verlustrisiko der Freundbrücken mit Unterteilung in die jeweiligen Gruppen dargestellt. Die entsprechende mittlere Überlebenszeit wird zusammen mit dem Standard-Fehler und dem 95 %-Konfidenzintervall in Tabelle 11 aufgeführt. Für Eckzähne konnten keine Überlebenszeiten berechnet werden, da keine Funktionsverluste innerhalb des Beobachtungszeitraumes aufgetreten sind.

Die 5-Jahres-Überlebensrate lag bei Front- und Eckzähnen bei 100%, die 10- sowie 15-Jahres-Überlebensrate konnte hingegen nicht erfasst werden. Für die Zahngruppe der Prämolaren konnten sowohl die 5-Jahres-Überlebensrate mit 73,7% als auch die 10-Jahres-Überlebensrate mit 65,5% erfasst werden. Auch hier lag die 15-Jahres-Überlebensrate nicht im Beobachtungszeitraum. Bei Molaren als ersetzte Zahngruppe durch das Freidendglied war die Ermittlung aller drei Überlebensraten möglich. Nach 5 Jahren lag die Überlebensrate bei 89,4%, nach 10 Jahren bei 76,7% und nach 15 Jahren ebenfalls bei 76,7%.

Eine Unterschreitung der 90%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand lediglich bei Prämolaren und Molaren nach 3,12 Jahren und nach 4,90 Jahren statt. Die 50%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde in keinem der drei Fälle unterschritten.

Tabelle 11: Mittlere Überlebenszeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der ersetzten Zahngruppen durch das Freidendglied in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79

Zahngruppe des Freidendgliedes	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Frontzahn	12	1	9,383	0,000	9,383	9,383
Eckzahn	3	0	-	-	-	-
Prämolar	36	10	11,354	1,075	9,246	13,461
Molar	28	3	14,479	1,352	11,828	17,129

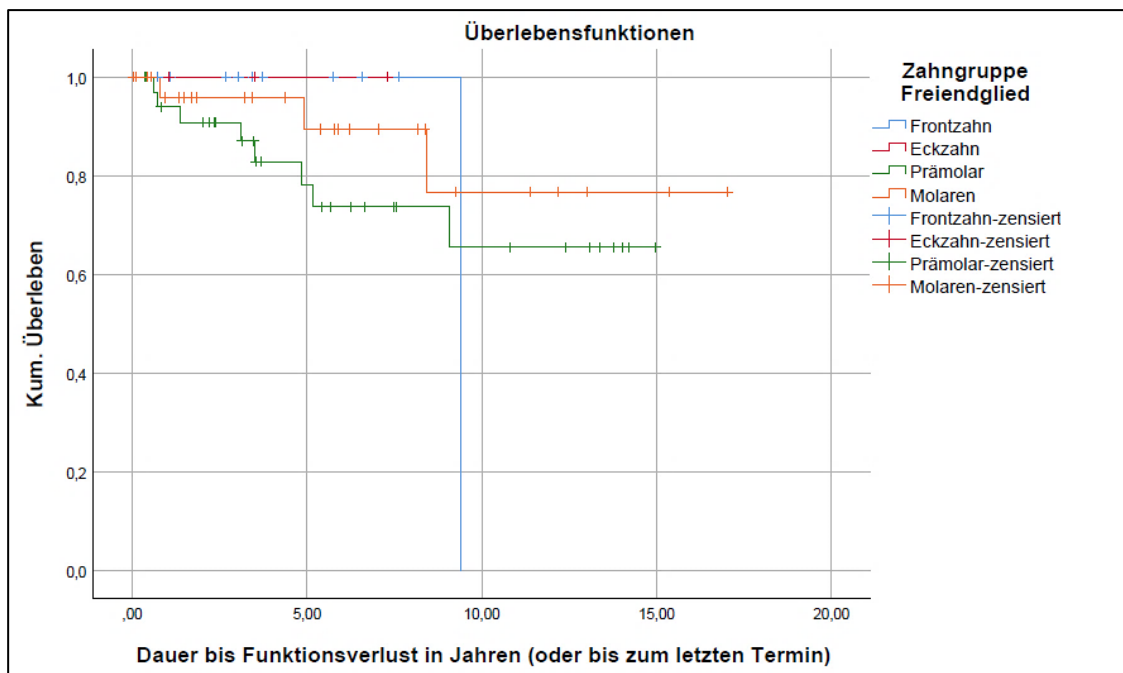


Abbildung 6.19: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der ersetzten Zahngruppen des Freidendglied (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

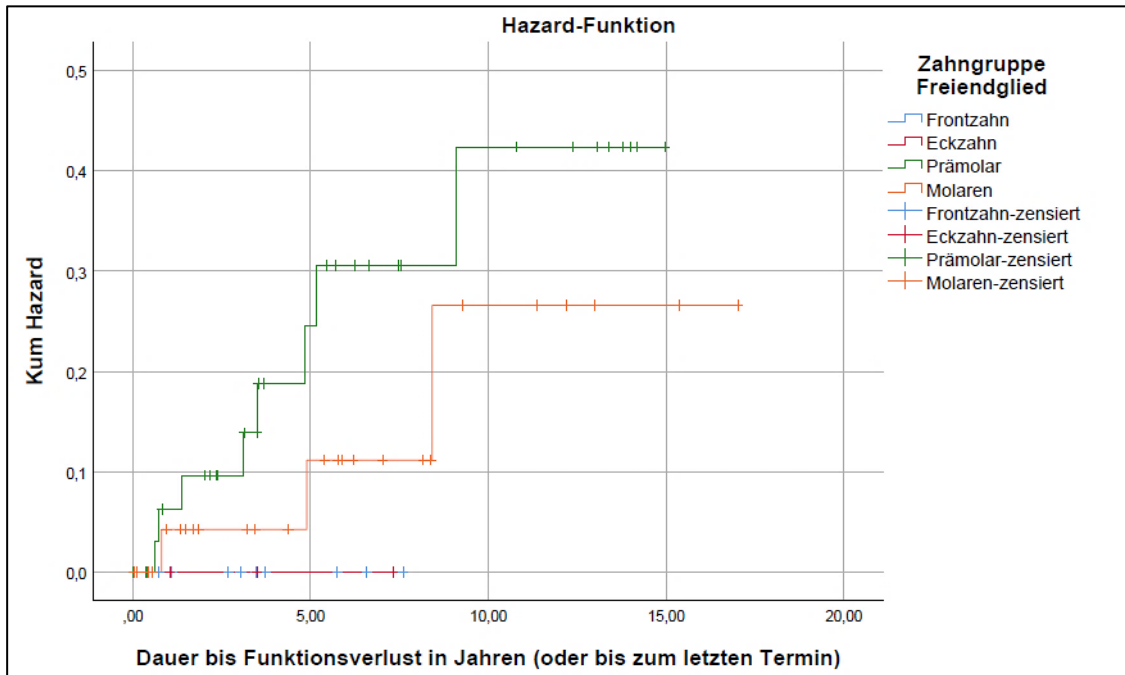


Abbildung 6.20: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Zahngruppen des Freidglied (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79

6.2.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Recalls/der Nachuntersuchung

Der Einfluss eines regelmäßigen Recalls auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Freidendbrücken wurde mithilfe des Log-Rank-Tests, des Breslow- sowie des Tarone-Ware-Tests geprüft, wobei kein signifikanter Einfluss auf das Überleben der Versorgung festgestellt werden konnte ($p > 0,05$). Die in Abbildung 6.21 dargestellte Kaplan-Meier-Kurve zeigt die Überlebensfunktion in Abhängigkeit des Faktors „Recall/Nachuntersuchung“, Abbildung 6.22 zeigt die zugehörige Hazard-Funktion für das kumulierte Verlustrisiko. In Tabelle 12 werden die mittleren Überlebenszeiten, der Standard-Fehler und das 95%-Konfidenzintervall tabellarisch aufgeführt.

Die kumulative 5-Jahres-Überlebensrate der Freidendbrücke betrug innerhalb der Gruppe, die nicht regelmäßig zum Recall erschien, 75%, ebenso wie die 10-Jahres-Überlebensrate. Eine 15-Jahres-Überlebensrate konnte für diese Gruppe nicht erhoben werden, da dieser Beobachtungszeitraum nicht erreicht wurde. Innerhalb der Gruppe, die mindestens einmal jährlich zum Recall erschien, wurde eine 5-Jahres-Überlebensrate von 83,7% erreicht. Nach 10 Jahren betrug sie 65,2%, ebenso nach 15 Jahren. Die 90%ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde erstmals nach 4,85 Jahren unterschritten, eine Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand nicht statt.

Tabelle 12: Mittlere Überlebenszeit der Freidendbrücken in Abhängigkeit der Häufigkeit des Recalls/ der Nachuntersuchung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), $n=79$

Recall/ Nachuntersuchung	Gesamtzahl (n)	Anzahl der Ereignisse	Mittelwert			
			Schätzer	Std.- Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Kein regelmäßiger Recall	7	1	11,208	2,220	6,857	15,559
Mind. 1x jährlich	72	11	13,281	0,998	11,324	15,238

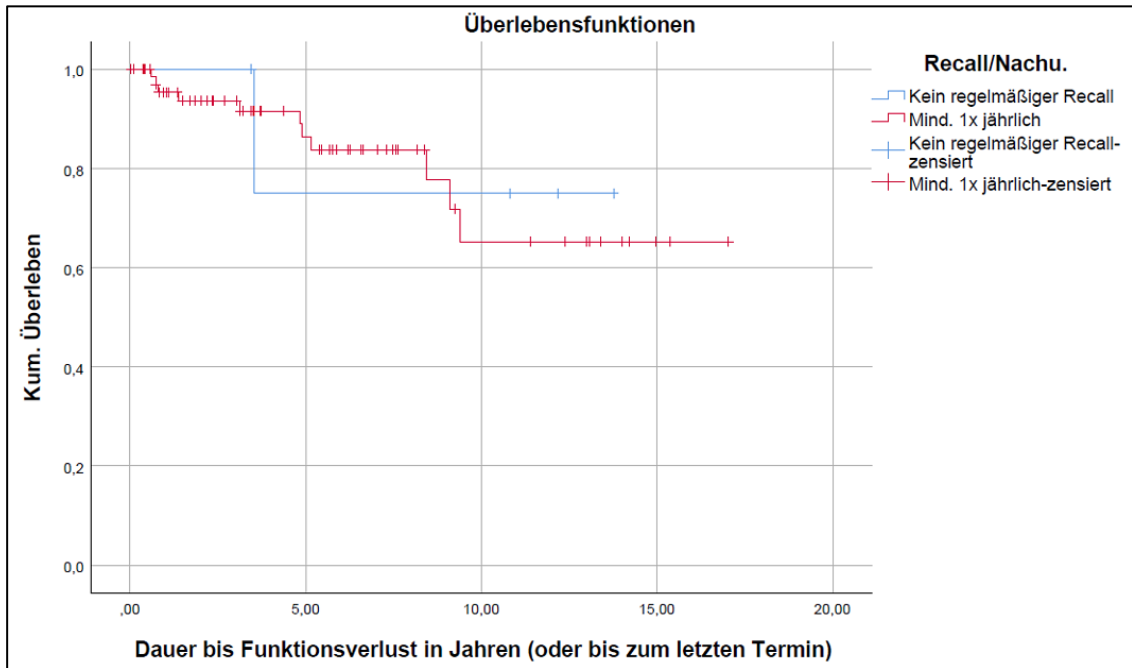


Abbildung 6.21: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Häufigkeit des Recalls/ der Nachuntersuchung

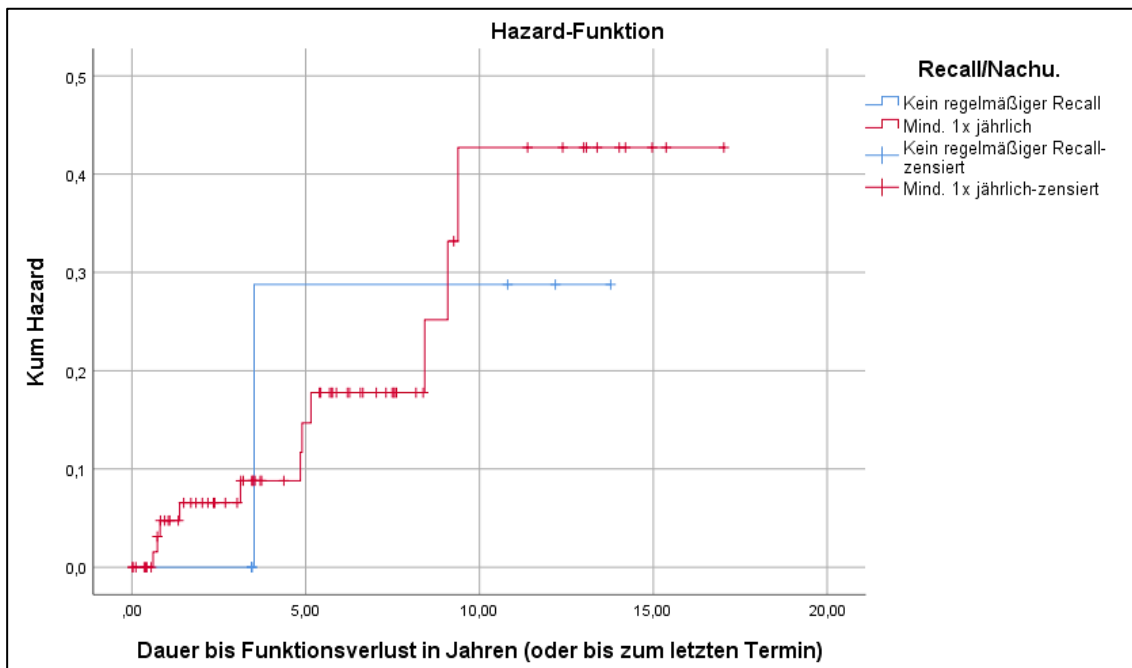


Abbildung 6.22: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Häufigkeit des Recalls/ der Nachuntersuchung

6.3 Cox-Regression – Freundbrücken

Aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen bei dem Zielereignis ‚Funktionsverlust‘ zeigt die multifaktorielle Regressionsanalyse ein großes Konfidenzintervall und eine geringe statistische Aussagekraft. Aus diesem Grund war die multiple Analyse mittels Cox-Regression in diesem Teil der Arbeit statistisch nicht sinnvoll.

7 Diskussion

7.1 Methodendiskussion

Zur Sicherstellung einer hohen Vergleichbarkeit wurden die Ein- und Ausschlusskriterien dieser Studie vorab weitgehend an den zahnärztlichen Behandlungsrichtlinien ausgerichtet. Die Einschlusskriterien der Studien von *Schnaidt*¹¹⁵, *Rinke*¹⁰⁷, *Schmid et al.*¹¹⁴ und *Wolfart et al.*¹³³ schlossen ebenfalls nur Freidendglieder in Prämolarenbreite ein. Im Gegensatz zu den Einschlusskriterien der vorliegenden Studie bezogen die Studien von *Laurell*⁷⁴ und *Radow*¹⁰³ jedoch doppelte Freidendglieder ein.

Am häufigsten beinhalteten die Einschlusskriterien der Fachliteratur eine Nachbeobachtungszeit von mindestens 5 Jahren^{3, 22, 122, 145} und ein Mindestalter der Patienten von 18 Jahren.^{22, 24, 109, 114, 115} In der vorliegenden Studie wurde kein definierter Nachbeobachtungszeitraum vorausgesetzt, aber die Wahrnehmung mindestens eines (Kontroll-) Termins nach Eingliederung der Freidendbrücke.

Auch in dieser Studie wurden Patienten erst ab einem Alter von 18 Jahren erfasst, da in diesem Alter das Kieferwachstum weitestgehend abgeschlossen ist. In der Frontzahnregion kommen bis zum 20. Lebensjahr bevorzugt Adhäsivbrücken zum Einsatz, da deren Kosten bis zu diesem Alter von den gesetzlichen Krankenkassen anteilig übernommen werden. Weiterhin wurden, ähnlich der vorliegenden Studie, eine gute Mundhygiene, die Abwesenheit oraler Entzündungen und gesunde beziehungsweise behandelte parodontale Verhältnisse vorausgesetzt.^{24, 105, 109-111, 114, 133} Bei Freidendbrücken auf Implantaten wurden häufig nur diejenigen Patienten eingeschlossen, die ein ausreichendes Knochenangebot für die Implantation besaßen.^{81, 109-111} Nur wenige schlossen, wie auch diese Studie, Patienten mit Knochenaugmentationen ein.⁵⁵ Im Gegensatz zur vorliegenden Studie wurden Patienten mit starkem Pressen oder Knirschen, Patienten mit einer vorangegangenen Bestrahlung und Raucher in der Fachliteratur häufig ausgeschlossen.^{24, 68, 81, 109-111, 133} In der hier durchgeführten Studie wurde besonderen Wert darauf gelegt, dass sämtliche Patientengruppen repräsentativ

abgebildet sind, um daraus generalisierbare Behandlungsempfehlungen ableiten zu können. Daher wurden die zuvor genannten Kriterien in dieser Studie nicht als Ausschlusskriterien gewertet.

In Meta-Analysen wurden meist nur retrospektive und prospektive Kohortenstudien, randomisierte Studien und Fall-Kontroll-Studien eingeschlossen, um eine hohe Qualität der Analyse sicherzustellen. Briefe, narrative Reviews und Fragebögen wurden in diesen Studien nicht berücksichtigt.^{95, 122, 145}

Bei retrospektiven Studien wird auf bereits existierende Daten zurückgegriffen, die vor Beginn der Studie erhoben wurden, um eine spezifische Fragestellung zu beantworten. Dabei wird versucht, Zusammenhänge zwischen Expositionen und Ergebnissen zu identifizieren. Bei prospektiven Studien hingegen werden die Daten erst nach Festlegung der Fragestellung und Planung der Studie in Echtzeit gesammelt. Die Untersuchung der Daten befasst sich mit der Entwicklung bestimmter Variablen oder Gesundheitszuständen im Laufe der Zeit. Aufgrund der zeitlichen Reihenfolge der Datenerhebung können kausale Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung besser dargestellt werden.^{39, 126} Zudem ist die Datenqualität hoch, da aktuelle Messungen verwendet werden und Verzerrungen (Bias) durch fehlende Daten vermieden werden können. Außerdem können die zu untersuchenden Variablen im Vorfeld präzise und spezifisch auf die jeweilige Fragestellung abgestimmt werden. Da bei retrospektiven Studien die Daten nicht gezielt für die vorliegende Fragestellung erhoben wurden, können methodische Fehler und Verzerrungen auftreten. Dazu gehören zum Beispiel Selektionsverzerrungen (Selektionsbias), bei denen bestimmte Gruppen unterrepräsentiert sein können oder Rückrufverzerrungen (Recall-Bias), bei denen ungenaue Erinnerungen während der Datenerhebung zu Verzerrungen führen.¹⁰⁰ Zudem ist die Art der Datenerhebung in retrospektiven Studien nicht steuerbar und es können wichtige Variablen unberücksichtigt bleiben. Allerdings werden häufig größere Datensätze verwendet als bei prospektiven Studien. Prospektive Studien sind im Vergleich oft zeit- und kostenintensiver, und auch hier kann es zu einer Minderung der Datenqualität kommen, wenn Teilnehmer während der Studie aus verschiedenen Gründen ausscheiden. Insgesamt eignen sich prospektive Studien besonders gut zur Untersuchung kausaler Zusammenhänge, während retrospektive Studien bevorzugt für explorative Fragestellungen verwendet werden.^{39, 126} Aufgrund der vergleichsweise seltenen

Anfertigung von Freidendbrücken wurde vorliegend eine explorative Fragestellung mit einem retrospektiven Studiendesign gewählt. So bestand die Möglichkeit, eine möglichst große Anzahl vergangener Fälle effizient zu erfassen und auszuwerten.

In Longitudinalstudien wird durch die Studienteilnehmer eine Kohorte gebildet, die prospektiv oder retrospektiv über einen definierten Zeitraum oder aber bis zum Eintreten eines definierten Zielereignisses beobachtet werden. In dieser Studie ist das Zielereignis der Funktionsverlust der Freidendbrücke. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes werden Daten über wichtige Einflussfaktoren und deren Exposition über die Zeit gesammelt und ausgewertet. So können Veränderungen des Gesundheitszustandes im Laufe der Zeit und Inzidenzraten von Ereignissen ermittelt werden. In Longitudinalstudien wird dieselbe Kohorte zu mehreren Zeitpunkten untersucht. Querschnittsstudien hingegen überprüfen zu einem festgelegten Zeitpunkt mehrere Kohorten. Im Gegensatz zu Querschnittsstudien sind Longitudinalstudien daher mit einem höheren zeitlichen Aufwand verbunden, bei dem es zu hohen Stichprobenverlusten kommen kann. Gründe hierfür können beispielsweise Patienten sein, die weggezogen oder verstorben sind. Querschnittsstudien werden vor allem in der deskriptiven Epidemiologie zur Hypothesenentwicklung verwendet. Beispielsweise können Inzidenzen oder Prävalenzen einer Erkrankung innerhalb einer Population mithilfe dieser Studienart geschätzt werden. In der analytischen Epidemiologie sind sie nur begrenzt geeignet, da oft viel Zeit zwischen dem Kontakt mit einem Risikofaktor und dem Zielereignis vergeht. Für seltene Erkrankungen und seltene Expositionen sind sie daher ungeeignet. Vorteilhaft ist bei dieser Studienart jedoch die schnelle und vergleichsweise kostengünstigere Durchführbarkeit im Vergleich zu Longitudinalstudien, da bei Querschnittsstudien kein Follow-up notwendig ist.^{47, 69, 76} Da Querschnittsstudien lediglich eine Momentaufnahme liefern und somit weder kausale Zusammenhänge noch zeitliche Entwicklungen - etwa die Überlebensraten der Freidendbrücken und Faktoren, die darauf Einfluss nehmen - erfassen können, wurde zur Überprüfung der in Kapitel 3 formulierten Nullhypothese eine retrospektive Longitudinalstudie durchgeführt.

Zur Auswertung der Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken wurde das zeitbezogene Kaplan-Meier-Verfahren verwendet. Dieses Verfahren gilt in der Medizin als Goldstandard zur Ermittlung der Überlebenszeiten. Es wurde in der vorliegenden Studie verwendet, um eine hohe methodische Genauigkeit und Validität zu erreichen und

eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu schaffen. Diese Methode ermöglicht es, Patienten zu erfassen, die nicht zu einem bestimmten Zeitpunkt, sondern in einem bestimmten Zeitraum rekrutiert wurden.¹⁴² So konnten die variierenden Beobachtungszeiträume der einbezogenen Patienten gegenübergestellt und analysiert werden. Der Zeitraum der Überlebenszeit wurde in dieser Studie zuvor durch zwei Zielereignisse definiert. Der Beginn des Beobachtungszeitraumes erfolgte mit dem definitiven Einsetzen der Freidendbrücke in domo, das Ende der Beobachtungszeit wurde durch das Auftreten eines Funktionsverlustes in Form einer Entfernung der Freidendbrücke festgelegt. Ein Nichteintreten des Ereignisses zum Ende der Beobachtungszeit führte zu einer Zensierung des entsprechenden Beobachtungsintervalls. Die Kaplan-Meier-Methode ermöglicht es, trotz Zensierung für jedes Zeitintervall die Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken zu berechnen. Grundlegende Idee ist hierbei, dass die Beobachtungsintervalle nicht fest vorgegeben sind, sondern durch die Ereignisse definiert werden. Aus der Kaplan-Meier-Kurve lassen sich schließlich spezielle Überlebensraten, in diesem Fall die 5-, 10- und 15-Jahres-Überlebensrate, ablesen. Zudem konnten die Überlebenszeiten ermittelt werden sowie die mögliche Unterschreitung der 90%igen oder 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit.¹⁴² Der Vergleich mit anderen Studien zeigte ebenfalls überwiegend eine Anwendung der Kaplan-Meier-Analyse zur Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeiten.^{12, 26, 27, 29, 55, 75, 81, 99, 101, 105, 115, 133} Alternative statistische Auswertungsmethoden, wie beispielsweise die Life-Table-Methode, die Varianzanalyse oder deskriptive Statistik traten während der Literaturrecherche weniger auf.^{58, 78, 87, 109, 111}

Von SPSS werden drei statistische Tests angeboten, die die Anzahl erwarteter und beobachteter Ereignisse im gesamten Beobachtungszeitraum miteinander vergleichen und verschiedene Charakteristika aufweisen.¹⁴¹ Der Log-Rank-Test dient als Standardverfahren in der Überlebenszeitanalyse und gewichtet spätere Ereignisse stärker als frühere bei Annahme eines konstanten Risikos. Beim Breslow-Test ist das Gegenteil der Fall. Hier werden frühe Ereignisse stärker gewichtet als späte. Der Tarone-Ware-Test gewichtet ähnlich dem Breslow-Test frühe Ereignisse stärker als späte, allerdings nicht so stark wie der Breslow-Test. Empfohlen wird dieser Test, wenn sich die Zensierungen relativ gleichmäßig über eine relativ lange Zeitspanne erstrecken.¹⁴¹ Neben den bereits genannten statistischen Verfahren wurde zudem die kumulative Hazard-Funktion angewendet. Bezogen auf die vorliegende Studie gibt sie die Wahrscheinlichkeit pro

Zeiteinheit an, dass der Patient innerhalb eines kleinen Zeitintervalls einen Funktionsverlust der Freidendbrücke erfährt.¹⁴⁰ In Kapitel 6 sind die Überlebenszeiten nach Kaplan-Meier sowie die Hazard-Funktionen graphisch dargestellt. Die neun zuvor aufgeführten Variablen wurden auf signifikante Unterschiede geprüft, das Signifikanzniveau lag dabei bei $p > 0,05$.¹⁴⁰ Um den gleichzeitigen Effekt mehrere Einflussfaktoren auf die Zielvariable „Funktionsverlust“ untersuchen zu können, ist die Anwendung der Cox-Regression hilfreich.¹⁴⁰ Demgegenüber wurde in der Literatur häufiger das Poisson-Regressionsmodell für die Auswertung der Misserfolgsrate und Komplikationsrate verwendet.^{3, 12, 95}

In der vorliegenden Studie sollte die Cox-Regression angewendet werden, da sie das unmittelbare Risiko für den Funktionsverlust der Freidendbrücke schätzt und speziell für die Analyse zeitabhängiger Daten mit Zensierungen konzipiert ist. Im Gegensatz dazu ist das Poisson-Regressions-Modell nicht in der Lage, mit zensierten Daten umzugehen. Es ignoriert sowohl die Informationen über Patienten, bei denen kein Ereignis (z.B. Funktionsverlust) eingetreten ist, als auch die Dauer, über die diese Ereignisfreiheit beobachtet wurde. Dadurch kann es zu Verzerrungen der Ergebnisse kommen, da relevante Daten nicht vollständig in die Analyse einfließen.

Die Cox-Regression wird in der Regel für Überlebenszeitanalysen verwendet, während die Poisson-Regression meist für die Modellierung der Häufigkeit von Ereignissen in einem definierten Zeitraum verwendet wird und um zu ermitteln, wie verschiedene Einflussfaktoren die Häufigkeit dieser Ereignisse beeinflussen. Es dient somit zur Vorhersage der Anzahl an erwarteten Funktionsverlusten innerhalb eines Zeitraumes, während die Cox-Regression Aufschluss über den Einfluss von Kovariaten auf die Überlebenszeit geben soll.^{106, 131}

In der vorliegenden Untersuchung zeigte allerdings aufgrund der geringen Anzahl an Ereignissen die Cox-Regression bei der Berechnung große Standardfehler. Aus diesem Grund war eine multiple Regressionsanalyse statistisch und rechnerisch nicht sinnvoll.

In der Gesamtheit der betrachteten Freidendbrücken wurden zwölf (15,19%) Funktionsverluste bei 79 Versorgungen beobachtet. Die Ergebnisse sind dementsprechend explorativ zu interpretieren. Vergleichsweise wenige Ereignisse zeigten auch die Studien von *Hochman et al.*, *Laurell et al.*, *Lindquist & Karlsson*, *Romeo et al.*, *Becker*, *Rinke et al.*, *Prasanna*, *Maló* und *D'Albis et al.* in der Literatur.^{9, 24, 52, 74, 78,}

81, 98, 107, 110 Die geringe Anzahl an Ereignissen legt die Vermutung nahe, dass die Qualität der Versorgung besonders hoch sein muss, dies ist jedoch kritisch zu hinterfragen. Die hohe Zensierungsrate hat zur Folge, dass eine Unterschreitung der 50%igen Überlebenswahrscheinlichkeit zum Großteil nicht stattgefunden hat und somit der Median der Überlebenszeiten beim überwiegenden Anteil der erfassten Patienten nicht berechnet werden konnte. Der Median ist jedoch in Hinblick auf Extremwerte unempfindlich und damit ein wichtiges Hilfsmittel in der Statistik.⁷³ Mit einem Patientenkollektiv von 12-251 Probanden und 11-290 Freidendbrücken lag diese Studie mit 79 einbezogenen Versorgungen bei 72 Patienten im mittleren Drittel gegenüber weiteren vergleichbaren Studien. Ein präziser Vergleich mit der Literatur war jedoch aufgrund der häufig gemischten Betrachtung von Freidendbrücken und anderen Brückenarten, wie beispielsweise Endpfilerbrücken, nicht immer möglich.

In der vorliegenden Studie wurde der Einfluss der Vitalität der Pfeilerzähne auf die Überlebensrate nicht untersucht, da frühere Arbeiten bereits gezeigt hatten, dass devitale Pfeilerzähne anfälliger für Frakturen sind. Dies führte dazu, dass die entsprechenden Freidendbrücken als Risikokonstruktionen betrachtet werden und in domo lediglich Freidendbrücken auf vitalen Pfeilerzähnen oder Implantaten angefertigt werden.¹⁰⁵ Die Frakturanfälligkeit devitaler Pfeilerzähne ist laut *Randow und Glantz*¹⁰² möglicherweise darin begründet, dass die Schmerztoleranzschwelle bei wurzelkanalbehandelten Zähnen geringer ist und somit das Freidendglied mehr belastet wird.¹⁰² Zu den weiteren relevanten Einflussfaktoren, die in anderen Studien berücksichtigt wurden, zählen unter anderem das Knochenangebot beziehungsweise das Parodont der Pfeilerzähne¹⁰⁵ und das Material der Freidendbrücke.^{1, 101} Vor der Insertion eines festsitzenden Zahnersatzes werden standardmäßig die parodontalen Verhältnisse sowie das Knochenangebot klinisch und radiologisch überprüft, sodass dieser Einflussfaktor in der vorliegenden Studie nicht gesondert berücksichtigt wurde. Zudem wurde keine weitere Differenzierung nach dem Material durchgeführt, da in der vorliegenden Studie keine technischen Komplikationen auftraten, die auf das Material der Freidendbrücken zurückzuführen waren. Nur eine begrenzte Anzahl an Studien, beispielsweise die von *Laurell, Eliasson* und *Malò*, hat gezielt Patienten mit Bruxismus in ihre Untersuchungen einbezogen.^{37, 74, 81} Laut der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie sowie der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde liegt die Prävalenz von Bruxismus in

der deutschen Bevölkerung bei etwa 20%. Diese Erkrankung kann sowohl tagsüber als auch nachts auftreten.^{30, 82, 90} Einige Studien haben bereits den Einfluss des Bruxismus auf festsitzende prothetische Versorgungen untersucht und festgestellt, dass Bruxismus ein Risikofaktor für häufigere technische und mechanische Komplikationen sein kann.^{21, 60, 83} Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Studie gezielt Patienten mit Bruxismus einbezogen. Bruxismus ist ein weit verbreitetes Problem, das viele Patienten betrifft. Die Einbeziehung dieses Faktors trägt dazu bei, die ermittelten Überlebensraten repräsentativer zu gestalten. Eine Vorauswahl der Patienten zur Bereinigung der Daten sollte damit bewusst vermieden werden.

7.2 Ergebnisdiskussion

7.2.1 Überlebenswahrscheinlichkeit von Freidendbrücken

In der vorliegenden Studie konnte bei insgesamt 79 untersuchten Freidendbrücken eine mittlere Überlebensrate von $13,49 \pm 0,90$ Jahren bis zum Funktionsverlust ermittelt werden (95%-Konfidenzintervall: 11,73 bis 15,26 Jahre). Insgesamt traten zwölf (15,19%) Funktionsverluste auf. Nach fünf Jahren betrug die kumulative Überlebensrate 85,6%, nach zehn und 15 Jahren lag diese noch bei 68,2%. In der Fachliteratur der letzten zehn bis zwölf Jahre wurden für die 5-Jahres-Überlebensrate der Freidendbrücken Werte zwischen 93%-100% angegeben.^{24, 55, 68, 81, 105} Ältere Studien bis in das Jahr 1985 berichteten von einer 5-Jahres Überlebensrate von 80%-98%.^{3, 13, 45, 75, 115, 133, 145} Die 10-Jahres-Überlebensrate wurde in der zehn bis zwölf Jahre alten Fachliteratur seltener erfasst und lag zwischen 93,7%-100%^{55, 59, 122}, während ältere Studien Überlebensraten von 77,2%-100% nach 10 Jahren ermittelten.^{3, 9, 46, 52, 58, 63, 66, 75, 97, 115} Die 15-Jahres-Überlebensrate erreichte in der älteren Literatur Werte von 64%-73,5% und wurde in der neueren Fachliteratur nicht erfasst.^{27, 58, 66, 138}

Die 5-Jahres-Überlebensrate der Freidendbrücken aus der vorliegenden Arbeit fiel im Vergleich zu den Studien der Jahre 2012 bis 2024 etwas niedriger aus und fand sich eher in den ermittelten Werten der älteren Studien von 1985 bis 2011 wieder. Die 10-Jahres-Überlebensrate der vorliegenden Studie lag ebenfalls unter den angegebenen Überlebensraten der Literatur. Die 15-Jahres-Überlebensrate war hingegen im Mittel der aufgeführten Fachliteratur einzuordnen. Unterschiede zwischen den verschiedenen Studien bestehen zum einen in der unterschiedlichen Anzahl an untersuchten Freidendbrücken in der Gesamtheit der Literatur. Diese schwankte je nach Studie zwischen elf und 290 untersuchten Freidendbrücken. Zum anderen betrachteten einige Studien Freidendbrücken und andere Brückenkonstruktionen zusammen und ermittelten dementsprechend keine gesonderten Überlebensraten für Freidendbrücken und andere Brückenarten wie beispielsweise Endpfeilerbrücken, wodurch nur teilweise eine differentielle Betrachtung der ermittelten Werte möglich ist. Des Weiteren wurden in der vorliegenden Studie Raucher, Patienten mit Bruxismus, Tumorpatienten und Patienten in parodontologischer Behandlung eingeschlossen, während einige Studien der

Fachliteratur diese als Ausschlusskriterien betrachteten.^{24, 68, 109-111, 114} Auch in den statistischen Analyseverfahren unterschieden sich die verschiedenen Studien, wobei ein großer Anteil ebenfalls die Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier verwendete.

Hinsichtlich der statistischen Analyseverfahren und der Anzahl an untersuchten Freidendbrücken beschrieben die Studien von *Schnaidt*, *Maló*, *Rehmann et al.* und *Horsch* vergleichbare Ergebnisse. *Schnaidt* untersuchte in ihrer Studie 63 Freidendbrücken und ermittelte mithilfe der Kaplan-Meier-Überlebenszeitanalyse Überlebensraten von 86,8% nach fünf Jahren und 77,2% nach zehn Jahren. Die vergleichsweise etwas höheren Überlebensraten könnten darin begründet sein, dass in der vorliegenden Studie Patienten mit vorangegangener Tumorerkrankung berücksichtigt wurden, die in der Studie von *Schnaidt* womöglich nicht berücksichtigt wurden. In der vorliegenden Arbeit waren 16,67% der Funktionsverluste auf Tumorerkrankungen zurückzuführen. Ein Großteil davon stellte vermutlich eine Rezidivkrankung dar. In der retrospektiven Kohortstudie von *Maló* wurden 191 Freidendbrücken bei 174 Patienten analysiert und mithilfe des Kaplan-Meier-Verfahrens eine Überlebensrate von 99% nach fünf Jahren ermittelt. Allerdings dienten in dieser Studie ausschließlich Implantate als Brückenpfeiler.⁸¹ Vermutlich ist die in der vorliegenden Studie niedrigere 5-Jahres-Überlebensrate von 85,6% der Tatsache geschuldet, dass auch natürliche Zähne als Brückenpfeiler genutzt wurden. Somit bestand ein höheres Risiko für häufig beschriebene biologische Komplikationen, die zu Funktionsverlusten führten, wie beispielsweise Pfeilerzahnfrakturen (33,33%), aber auch endodontische Probleme mit daraus resultierender Parodontitis apicalis (8,33%). Zudem wurden in der vorliegenden Studie Patienten mit einer bereits therapierten Parodontitis einbezogen, wodurch das Risiko einer Periimplantitis und Pfeilerzahnlockerung steigen kann. In der Studie von *Maló* wurden hauptsächlich technische Komplikationen wie Schraubenlockerungen und Materialfrakturen der Freidendbrücken beschrieben, die jedoch nicht zu dem Zielereignis 'Funktionsverlust' führten und schnell behoben werden konnten durch Reparatur der Keramik, Anpassung der Okklusion und Festdrehen der gelockerten Schrauben. Die technischen Komplikationen wurden hierbei im Zusammenhang mit starkem Bruxismus beschrieben.⁸¹ *Rehmann et al.* untersuchten in der retrospektiven Studie von 2015 insgesamt 71 Freidendbrücken und ermittelte eine 5-Jahres-Überlebensrate von 93% und eine 10-Jahres-Überlebensrate von 84,5%.¹⁰⁵ Beide ermittelten Überlebensraten sind vergleichsweise hoch. Auch in diesen Studien wurden Tumorpatienten nicht explizit

erwähnt und vermutlich auch nicht in den Studien berücksichtigt, was zur vergleichsweise höheren Überlebensrate führen könnte. Das besondere Augenmerk lag in der Studie von *Rehmann et al.* auf vitalen Pfeilerzähnen. Freidendbrücken mit devitalen Pfeilerzähnen sowie Freidendbrücken, die aus einer Kombination von Implantaten und natürlichen Pfeilerzähnen getragen wurden, wurden vorher ausgeschlossen.¹⁰⁵ In diesem Zusammenhang berichteten bereits *Radow* und *Glantz*, sowie *Decock et al.* in ihren Studien über einen erhöhten Funktionsverlust bei devitalen Pfeilerzähnen.^{29, 102} Die Verwendung vitaler Pfeilerzähne verbessert folglich den Langzeiterfolg der Freidendbrücken. Aus diesem Grund wurden auch in der vorliegenden Studie ausschließlich vitale Pfeilerzähne für die Aufnahme von Freidendbrücken gewählt. In der retrospektiven Studie von *Horsch* wurden 75 Freidendbrücken bei 48 Patienten untersucht. Vergleichsweise höhere Überlebensraten ergaben sich auch hier nach fünf Jahren mit einem Wert von 97,1% und nach zehn Jahren mit einem Wert von 93,7%.⁵⁵ Hier wurden erneut lediglich Freidendbrücken mit Implantaten als Pfeiler mit gleichzeitiger Knochenaugmentation untersucht, was zu einer höheren Überlebenswahrscheinlichkeit führen könnte.

Auffällig waren auch die in der Literatur und der vorliegenden Studie verhältnismäßig kleinen Stichprobengrößen von Patienten, die mit Freidendbrücken versorgt wurden. Grund hierfür könnte eine vorherrschende Skepsis gegenüber dieser Versorgungsmöglichkeit sein, da unterschiedliche Sichtweisen zur Freidendbrücke unter zahnmedizinischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bestehen⁷⁷ und diese Versorgung deshalb weniger angefertigt wird. Denkbar wäre aber auch, dass dieser Zahnersatz aufgrund der eingeschränkten Kostenübernahme seitens der Krankenkassen beim Ersatz eines fehlenden Molaren oder Eckzahnes unattraktiv wird.

7.2.2 Gründe für einen Funktionsverlust beziehungsweise eine Entfernung der Freidendbrücke

Die Analyse der Ursachen der Funktionsverluste in dieser Studie zeigt, dass vor allem biologische Komplikationen zur Beeinträchtigung des Langzeiterfolges der Freidendbrücken beitrugen. Die häufigste Ursache, die zur Entfernung der Freidendbrücke führte, war demnach die Fraktur des Pfeilerzahnes in 33,33% der Fälle (n=4). Dieses Ergebnis zeigt die Bedeutung der strukturellen Integrität der Pfeiler für den langfristigen Erhalt der Versorgung. Periimplantitis bei Implantaten als Pfeiler war mit 25% (n=3) der zweithäufigste Grund für einen Funktionsverlust, was die Relevanz einer regelmäßigen und sorgfältigen Aufklärung und Nachsorge nach Implantation verdeutlicht. In zwei weiteren Fällen (16,67%) wurde eine Teilresektion des Kieferabschnittes in Folge einer Tumorerkrankung durchgeführt, was schließlich eine Entfernung der Restauration zur Folge hatte. Weitere Gründe für einen Funktionsverlust stellten eine periapikale Entzündung am Pfeilerzahn, eine Pfeilerlockerung mit anschließender Extraktion und eine Neuversorgung mit jeweils 8,33% der Fälle dar. Die Gründe für den Funktionsverlust der Freidendbrücken ähneln denjenigen der Fachliteratur, aber zeigen im direkten Vergleich einen geringeren Anteil an technischen Komplikationen. Mögliche Ursachen hierfür werden nachfolgend genauer eruiert. Retentionsverluste wurden, im Gegensatz zu einigen anderen Studien^{3, 12, 13, 29, 54, 63, 87, 115}, in der vorliegenden Arbeit nicht mit einem Funktionsverlust der Freidendbrücke gleichgesetzt, sondern in den drei Fällen als technische Komplikation dokumentiert. Nach erfolgter Kontrolle der Unversehrtheit und Passgenauigkeit der Freidendbrücken wurden diese schließlich erneut definitiv eingesetzt. In der berücksichtigten Fachliteratur fand durch die Autoren überwiegend eine Unterteilung in biologische und technische Komplikationen statt. Der Retentionsverlust der Brückenkonstruktion wurde von den Autoren als häufigste technische Komplikation angegeben, aber auch Verblendfrakturen und Schraubenlockerungen der Brückenkonstruktionen wurden regelmäßig beschrieben. Biologische Komplikationen traten am häufigsten in Form von Karies oder Sekundärkaries am Pfeilerzahn und in Form von endodontischen Problemen mit Behandlungsbedarf auf. Dabei traten die kariösen Läsionen gehäuft im Zusammenhang mit Retentionsverlusten auf. Zudem schienen in der Studie von *Landolt & Lang* mehr devitale Zähne von dieser Kombination betroffen zu sein als vitale Pfeiler.⁷¹ *Decock et al.* bemerkten ebenfalls mehr Funktionsverluste in

Kombination mit devitalen als vitalen Pfeilerzähnen.²⁹ Aus diesem Grund wurden in der vorliegenden Studie - wie bereits erwähnt - lediglich vitale Pfeilerzähne verwendet. Weitere, nicht unerhebliche technische Komplikationen, die immer wieder in der Fachliteratur beschrieben wurden, sind Gerüstfrakturen. In der Studie von *Maló* wurden diese im Zusammenhang mit starken Bruxern beobachtet.⁸¹ In dieser Arbeit wurden keine Gerüstfrakturen beobachtet, was möglicherweise auf die präzise Durchführung der Behandlungen in Kombination mit einer sorgfältigen Kontrolle der Präparation zurückzuführen ist. Dabei bestand ebenfalls die Möglichkeit die Präparation digital mithilfe der Prepcheck-Funktion des Intraoralscanners PrimeScan1 (Dentsply Sirona, USA) überprüfen zu können. Das Ausbleiben von Gerüstfrakturen in der vorliegenden Studie könnte weitergehend darauf zurückzuführen sein, dass die Freidendbrücken unter standardisierten Bedingungen mit höherer Fertigungsqualität hergestellt wurden und dass inzwischen vertiefte Kenntnisse über designbasierte Strategien zur Vermeidung von Gerüstfrakturen vorliegen, die 1985 in der Studie von *Izikowitz*⁵⁸, 1995 bei *Yi et al.*¹³⁸ oder 2006 bei *Eliasson*³⁸ in diesem Ausmaß noch nicht zur Verfügung standen. Zu diesen gehören eine ausreichende Dimensionierung der Gerüststrukturen, eine ausreichende Höhe der Verbinder zwischen den Brückengliedern und eine ausreichende Unterstützung der Verblendkeramik, um Chipping zu vermeiden. Meist erfolgt daher im Behandlungsverlauf zuerst eine isolierte Gerüstanprobe mit einer Check-Liste, um eine einwandfreie Passung und Fertigungsqualität des Gerüsts zu gewährleisten und eine erneute Kontrolle der Platzverhältnisse für eine mögliche Verblendung durchführen zu können. Zudem wurden in der vorliegenden Studie im Gegensatz zur Studie von *Izikowitz* kleinere Brückenspannen verwendet.

Seltener wurden Frakturen von Stiftaufbauten, Schraubenfrakturen und Implantatfrakturen aufgeführt. Pfeilerzahnfrakturen, parodontale Entzündungen am Pfeilerzahn, periapikale Läsionen sowie Periimplantitis stellten weitere biologische Komplikationen dar, die in der Literatur häufig beschrieben wurden. In der vorliegenden Arbeit traten keine Implantat- und Schraubenfrakturen auf, da bei der Implantatversorgung besonders auf eine akkurate Planung, meist mit DVT-Aufnahmen, und auf eine optimale Platzierung des Implantats geachtet wird. Die prothetische Planung geht dabei der chirurgischen Planung im Idealfall voraus, um die Implantate prothetisch sinnvoll und bestmöglich versorgen zu können (backwards planning). Bei Implantat-versorgten Patienten wird zudem ein engmaschiger Recall durchgeführt.

Im Jahr 1985 führte *Izikowitz* als Grund für eine Pfeilerlockerung ungünstige Belastungsverhältnisse bei ausgeprägter muskulärer Parafunktion auf.⁵⁸ In der 1996 veröffentlichten Studie von *Carlson* trat eine Distalkippung der Freidendbrücke bei alleinigem Kontakt auf dem freitragenden Segment auf, sodass das Freie Schmerzen an der Schleimhaut verursachte. Zudem stellte auch er erhöhte Beweglichkeiten der Pfeiler fest.¹⁷ Im Gegensatz dazu konnte in keiner der anderen betrachteten Studien eine erhöhte Mobilität der Pfeiler festgestellt werden. In der vorliegenden Studie trat trotz muskulärer Parafunktionen lediglich eine Pfeilerlockerung auf, da Patienten mit Bruxismus standardmäßig mit einem Aufbissbehelf versorgt wurden oder bereits eine intakte Schiene besaßen. Dennoch besteht ein gewisses Restrisiko für Pfeilerlockerungen, insbesondere bei parodontal vorgeschädigten Patienten.

In den Studien von *Nyman*, *Hämmerle*, *Carlson*, *Eliasson*, *Hälg*, *Aglietta*, *Zurdo*, *Romeo et al.* und *Storelli et al.*, wurden ergänzend der Knochenschwund in Regio der Pfeilerzähne im Laufe der Beobachtungszeit nach Insertion der Restaurationen untersucht und meist röntgenologisch kontrolliert.^{3, 17, 38, 45, 46, 87, 111, 122, 145} Allerdings konnte der Großteil der Studien keinen signifikanten Knochenverlust in Verbindung mit Freidendbrücken feststellen. Insgesamt decken sich die am häufigsten genannten Komplikationen der Literatur mit denen der vorliegenden Studie, wie beispielsweise der Pfeilerzahnfraktur, die in der vorliegenden Studie 33,33% der Funktionsverluste ausmachte und der Periimplantitis, die mit 25% den zweithäufigsten Grund für die Entfernung der Freidendbrücke darstellte. Ähnlich der erwähnten Fachliteratur trat in dieser Studie ebenfalls eine Pfeilerlockerung auf, allerdings machte sie nur 8,33% der Funktionsverluste aus. Komplikationen wie Schraubenlockerungen oder Gerüstfrakturen sind im Gegensatz zur Fachliteratur in der vorliegenden Arbeit nicht aufgetreten. Schraubenlockerungen bei Implantatversorgungen können dabei verschiedene Ursachen haben. Eine häufige Ursache ist ein unzureichendes Anzugsdrehmoment beim Einsetzen der Versorgung. Ebenso kann eine fehlende oder unvollständige Einlagerung der Suprakonstruktion in das periimplantäre Weichgewebe dazu führen, dass die Schraube zunächst nicht in vollem Umfang festgedreht werden kann. Erst nach einiger Zeit adaptiert sich das umliegende Gewebe, wodurch ein späteres Nachziehen der Schraube erforderlich wird. Darüber hinaus kann eine fehlerhafte Passung zwischen Implantat und Suprakonstruktion beziehungsweise zwischen Implantat und Abutment zu mechanischen Spannungen führen, die wiederum Schraubenlockerungen begünstigen. Weitere

potenzielle Ursachen sind Materialermüdung, eine ungünstige Implantatpositionierung mit daraus resultierender inadäquater Kraftverteilung sowie okklusale Überlastungen, beispielsweise infolge von Bruxismus. Durch Beachtung dieser Faktoren und einem wie bereits zuvor beschriebenen Vorgehen bei der Implantatplanung- und -setzung sowie einer kenntnistreuen Versorgung der Implantate, können Schraubenlockerungen gegebenenfalls vermieden werden.

7.2.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Patientenalters

In der vorliegenden Studie zeigte das Patientenalter unter Verwendung geeigneter Analyseverfahren keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebensraten der Freidendbrücken. In der Fachliteratur liegt das Durchschnittsalter zwischen 43,8 Jahren und $67,7 \pm 9,2$ Jahren und spiegelt somit das mittlere Patientenalter von $57,48 \pm 14,28$ Jahren dieser Studie wider. Trotz der Annahmen, dass Patienten im höheren Alter physiologisch eher geringere Kaukräfte aufbringen und somit die Freidendbrücke weniger belasten oder dass ältere Patienten häufiger mobil eingeschränkt sind und daher eine adäquate Mundhygiene schwerer fällt, zeigte der Großteil der untersuchten Studien keinen signifikanten Einfluss des Patientenalters auf die Überlebensrate der Restaurationen. Lediglich die Studien von *Kerschbaum et al.* und *Palmqvist und Swartz* aus den Jahren 1991 und 1993 zeigten einen signifikanten Einfluss des Patientenalters auf die Überlebenszeiten von Endpfeiler- und Freidendbrücken. *Kerschbaum et al.* dokumentierten mit zunehmendem Alter einen Anstieg des Verlustrisikos bis zum Fünffachen, *Palmqvist und Swartz* beobachteten bei Patienten ab 30 bis 49 Jahren 36% mehr Komplikationen mit Funktionsverlusten als bei Patienten unter 29 Jahren.^{66, 94} *Kerschbaum et al.* vermuteten einen Zusammenhang mit häufiger auftretenden parodontalen Problemen mit zunehmendem Alter, die zu einem Verlust der Pfeilerzähne und damit zum Verlust der Freidend- und Endpfeilerbrücken führen.⁶⁶ Im Alter sinkt die Koordinationsfähigkeit, was oft in einer schlechteren Mundhygiene resultiert. Die Speichelsekretion nimmt durch Polypharmazie häufig ebenfalls ab und mit zunehmendem Attachmentverlust im höheren Patientenalter wird die Entstehung von Wurzelkaries begünstigt.^{7, 117} All diese Veränderungen können die Langlebigkeit der festsitzenden Restaurationen negativ beeinflussen. Allerdings hat sich über die Jahre, wie

die 5. Deutsche Mundgesundheitsstudie zeigt, durch zahnmedizinische Präventionsarbeit ein besseres Bewusstsein für Mundhygiene und regelmäßige Zahnarztbesuche entwickelt mit einem Rückgang an Karies und parodontalen Erkrankungen.²⁰ Dies ist vermutlich auch ein Grund dafür, dass aktuellere Studien keinen Einfluss des Patientenalters auf die Überlebensraten von Freundbrücken vernommen haben. Die Mehrheit der verglichenen Studien führte keine Einteilung in verschiedene Altersgruppen durch, sondern legte vielmehr eine Altersspanne der einbezogenen Patienten fest und bestimmte das dazugehörige Durchschnittsalter. Im Gegensatz dazu fanden in den Studien von *Izikowitz*, *Karlsson*, *Karlsson*, *Yi et al.*, *Holm et al.* und *Eliasson* unterschiedliche Gruppeneinteilungen statt. *Izikowitz* teilte das Patientengut in Patienten über und unter 55 Jahren⁵⁸, *Karlsson* unterteilte in Patienten bis 54 Jahren, 55-64 Jahren, 65-74 Jahren und Patienten über 75 Jahre.⁶³ In den Studien von *Holm* und *Eliasson* erfolgte eine Einteilung des Patientenalters in Lebensdekaden.^{38, 54} In der vorliegenden Studie wurde das Alter als kontinuierliche Variable in die Analyse einbezogen, um eine lineare Altersabhängigkeit abzubilden. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, da die Anzahl der Ereignisse relativ gering ausfiel und eine Einteilung in Altersgruppen potenziell zu einer verzerrten Darstellung der Daten geführt hätte. Feine Entwicklungen innerhalb einer Gruppe könnten andernfalls übersehen werden und zu einem Informationsverlust führen. Um diesem Risiko entgegenzuwirken und um keinen sogenannten „Reflex auszulösen“, das heißt, um eine vorschnelle Interpretation eines Zusammenhangs zwischen Altersgruppen und der Langlebigkeit des Zahnersatzes zu vermeiden, wurde auf eine Gruppierung in Altersklassen verzichtet.

7.2.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit des Geschlechtes des Patienten

Einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Geschlecht und der Überlebensdauer der Freundbrücken konnte mit keinem der drei angewandten Testmethoden festgestellt werden. Mit Ausnahme von sechs Studien^{24, 37, 59, 109, 115, 133} zeigte sich bei dem untersuchten Patientengut in der berücksichtigten Literatur und in der vorliegenden Studie ein deutlich höherer Anteil an Frauen.^{12, 22, 26, 38, 46, 54, 62, 63, 71, 75, 81, 101, 103, 105} Eine Erklärung hierfür könnten gegebenenfalls höhere ästhetische Ansprüche seitens der Frauen sein^{128, 136, 139}, die möglicherweise früher eine Neuversorgung aufgrund

ästhetischer Ansprüche wünschen als Männer. Zudem zeigt sich in höheren Altersgruppen ein größerer Frauenanteil, was auf die im Durchschnitt längere Lebenserwartung von Frauen zurückzuführen ist.^{67, 89, 137} Laut dem Statistischen Bundesamt zeigen die Ergebnisse der aktuellen Sterbetafel 2022/2024 eine durchschnittliche Lebenserwartung von 78,5 Jahren bei Männern und 83,2 Jahren bei Frauen.¹⁶

Während in der vorliegenden Studie kein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der Überlebensrate der Freidendbrücken festgestellt werden konnte, wurde in der Studie von *Schnaidt* aus dem Jahr 2011 unter Verwendung der Cox-Regression das Geschlecht als signifikante Einflussgröße auf das Überleben der Freidendbrücken ermittelt ($p=0,02$). Bei Frauen wurde hierbei eine signifikant niedrigere Verweildauer der Versorgung festgestellt. Eine mögliche Begründung hierfür könnte laut *Schnaidt* eine kritischere Beurteilung des Zahnersatzes durch Frauen sein. Diese legen - wie bereits oben angesprochen - mehr Wert auf Ästhetik und bemerken technische Defekte wie Abplatzungen der Verblendung möglicherweise früher und empfinden diese als störend und erneuerungsbedürftig. Zudem scheinen Frauen regelmäßiger Kontrolltermine wahrzunehmen als Männer.⁷⁰ Für diese steht vermutlich die Funktionalität des Zahnersatzes im Vordergrund.¹²⁸ *Rammelsberg et al.* stellten mithilfe der multivariaten Überlebensanalyse einen signifikanten Einfluss des Geschlechtes auf das Ereignis des Chippings bei zirkonoxidbasierten Freidendbrücken fest. Bei Männern war dabei das Risiko des Abplatzens der Verblendung 2,2-mal höher als bei Frauen. Ein möglicher Grund hierfür könnten die höheren Kaukräfte bei Männern sein.¹²⁹ Ergänzend wurde in der Studie von *Rammelsberg et al.* festgestellt, dass die Abplatzungen bei Vollkeramik früher auftraten als bei metallkeramischen Freidendbrücken. Im Gegensatz dazu stellte das Geschlecht in keiner anderen Studie der Fachliteratur eine signifikante Einflussgröße dar. In der vorliegenden Studie wurde kein Chipping beobachtet und führte folglich zu keinem Funktionsverlust, weder bei dem erheblich größeren Anteil an Frauen noch bei der Gruppe der Männer. Grund hierfür ist vermutlich auch die Schienentherapie, die vor allem bei Patienten mit Bruxismus eingesetzt wird und zusätzlich zum Schutz der Freidendbrücke dient. Zudem wird bei der Anfertigung der zirkonoxidbasierten Freidendbrücken besonders auf eine keramikgerechte Präparation hinsichtlich der Mindestschichtstärke und auf abgerundeten Kanten sowie eine ausreichende Verbinderdimension geachtet. Zudem wird zur Vermeidung von inneren Spannungen in

der Verblendkeramik auf eine langsame Abkühlung nach dem Sinterbrand geachtet. Die Anprobe des Gerüsts erfolgt sowohl bei zirkonoxidbasierten Freidendbrücken als auch bei Nicht-Edelmetall-basierten Freidendbrücken zunächst ohne Verblendung, um die Passgenauigkeit und ausreichende Dimensionierung des Gerüsts begutachten zu können. Jegliche Nachkorrekturen durch Einschleifen erfolgen lediglich mit feinkörnigen Diamantschleifern und unter Wasserkühlung. Anschließend erfolgt eine Politur zur Oberflächenvergütung, ggf. auch ein Glanzbrand, um die Lebensdauer der Restauration zu steigern.

7.2.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Lokalisation der Freidendbrücke (Ober-/Unterkiefer)

Ein statistisch signifikanter Einfluss der Lokalisation der Freidendbrücke im Ober- oder Unterkiefer auf die Überlebensrate der Freidendbrücke bestand in dieser Studie ebenfalls nicht. Der Vergleich mit der Fachliteratur zeigt in der Mehrzahl der Fälle ebenfalls keinen signifikanten Unterschied in den Überlebensraten der Freidendbrücken im Ober- oder Unterkiefer. Bei Betrachtung der Veränderung des Knochenniveaus stellten *Hälgl et al.* und *Kim et al.* jedoch signifikante Unterschiede hinsichtlich der Kieferlokalisation bei implantatgetragenen Restaurationen, darunter auch Freidendbrücken, fest. In der Studie von *Hälgl et al.* konnte mithilfe der Regressionsanalyse aufgezeigt werden, dass der Knochenverlust im Oberkiefer nach Implantation signifikant stärker ausgeprägt war als im Unterkiefer. Verglich man jedoch den Knochenverlust zwischen Freidendbrücken und Brücken ohne Freidendglied innerhalb eines Kiefers, konnte kein Unterschied festgestellt werden.⁴⁵ Im Gegensatz zu den Ergebnissen von *Hälgl et al.* zeigten *Kim et al.* in ihrer retrospektiven Studie eine umgekehrte Verteilung der Verlustsituation zwischen Ober- und Unterkiefer. Hier wurde eine signifikant größere Veränderung des Knochenniveaus im posterioren Unterkiefer gegenüber dem Oberkiefer ($p=0,01$) und im posterioren gegenüber dem anterioren Bereich des Oberkiefers festgestellt. Ein Unterschied im Knochenverlust zwischen Freidendbrücken und Endpfilerbrücken konnte, wie zuvor durch *Hälgl et al.* beschrieben, nicht nachgewiesen werden.⁶⁸ Ein Grund für die unterschiedliche Veränderung des Knochenniveaus könnte die unterschiedliche

Knochenqualität je nach Lokalisation sein. Während der Unterkieferknochen aus einer dickeren Kortikalis, weniger trabekulärem Knochengewebe und infolgedessen weniger Blutgefäßen besteht, besitzt der Oberkiefer eine dünnere Kortikalis und große trabekuläre Strukturen. Die dichtesten Knochenstrukturen befinden sich in der Regel im vorderen Unterkiefer, gefolgt vom vorderen Oberkiefer. Der hintere Teil des Unterkiefers besitzt gegenüber dem des Oberkiefers noch eine höhere Knochendichte.^{130, 132} Um eine optimale Voraussetzung für die Knochenneubildung und Osseointegration des Implantates gewährleisten zu können, ist eine sofortige mechanische Stabilität bei Insertion essenziell. Diese Primärstabilität des Implantats und die Knochenneubildung hängen dabei unter anderem von einer dichten Knochenstruktur und dem Elastizitätsmodul des trabekulären Knochens ab.²⁸ Dementsprechend sollte die Implantatoberfläche möglichst direkt am mineralisierten Knochen angrenzen ohne bindegewebige Strukturen.² Bei Betrachtung der aufgeführten Ergebnisse im Kontext mit der berücksichtigten Literatur, scheinen Freidendbrücken im Allgemeinen jedoch sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer eine gute Versorgung darzustellen.

7.2.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaehnung

Bei Anwendung der drei Testmethoden (Log-Rank-Test, Breslow- sowie Tarone-Ware-Test) konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überlebensrate der Freidendbrücken und der Gegenkieferbezaehnung ermittelt werden. In der vergleichbaren Fachliteratur beschrieben lediglich 15 Studien die Art der antagonistischen Bezaehnung. Meist fand eine Unterscheidung der Gegenkieferbezaehnung in eine natürliche Bezaehnung und implantatgetragene Kronen und Brücken statt, die jedoch nur deskriptiv beschrieben wurde ohne Signifikanztests. Darüber hinaus ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen der Gegenkieferbezaehnung und der Überlebensrate der Freidendbrücken in der Studie von *Rehmann et al.*¹⁰⁵ *Romeo et al.*, *Randow*, *Eliasson*, *Rehmann et al.* und *Izikowitz* bezogen den Faktor Gegenkieferbezaehnung als mögliche Einflussvariable auf die Knochenresorption, die Häufigkeit von technischen Fehlern und die Überlebensrate in die statistische Analyse mit ein und dokumentierten unterschiedliche Ergebnisse.^{37, 58, 103, 105, 111} In der Studie von *Romeo et al.* konnte kein Zusammenhang zwischen der Knochenresorption um die Implantate, die die Freidendbrücken trugen und der Gegenkieferbezaehnung festgestellt werden.¹¹¹ Ein Einfluss der Bezaehnung im Gegenkiefer auf die Häufigkeit von technischen Fehlern konnte durch *Randow* und *Eliasson* ebenfalls nicht statistisch nachgewiesen werden.^{37, 103} In seiner Studie fand *Izikowitz* als einziger einen signifikanten Einfluss der Gegenkieferbezaehnung auf die Überlebensrate der Freidendbrücken mit einer signifikant schlechteren Prognose bei herausnehmbarem Zahnersatz im Gegenkiefer.⁵⁸ Da im Allgemeinen die Kaubelastung bei herausnehmbaren Prothesen als geringer angesehen wird^{40, 49}, wären gegenteilige Ergebnisse zu erwarten gewesen. Im Zuge dessen wurde durch den Autor die Vermutung aufgestellt, dass diejenigen Gründe, die ursprünglich zu dem Verlust der Zähne und der Versorgung mit einem herausnehmbaren Zahnersatz im Gegenkiefer führten, auch für die schlechtere Prognose der eingegliederten Freidendbrücken verantwortlich sind. Insgesamt scheinen Freidendbrücken jedoch bei Betrachtung der Ergebnisse der Fachliteratur unabhängig von der Gegenkieferbezaehnung einsetzbar zu sein. Allerdings wurde deutlich mehr festsitzender Zahnersatz im Gegenkiefer dokumentiert als herausnehmbare Versorgungen. Vermutlich ist dies darin begründet, dass Patienten weiterhin zu festsitzendem Zahnersatz tendieren, wenn sie

bereits im jeweils anderen Kiefer die Entscheidung für einen festsitzenden Zahnersatz getroffen hatten.

7.2.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Pfeileranzahl

Insgesamt zeigte die Pfeileranzahl in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken. Dabei wurden deutlich mehr Freidendbrücken auf zwei Pfeilern dokumentiert als Freidendbrücken auf drei Pfeilern. Die Fachliteratur zeigt kontroverse Ergebnisse bezüglich der Pfeileranzahl. *Kerschbaum et al.* und *Rehmann et al.* untersuchten ebenfalls den Zusammenhang zwischen der Überlebensrate der Freidendbrücken und der Anzahl der verwendeten Pfeiler. Beide Studien beschrieben einen statistisch signifikanten Unterschied.^{66, 105} Restaurationen mit zwei Pfeilern zeigten nach *Rehmann et al.* längere Überlebenszeiten (9,0-12,2 Jahre) als Freidendbrücken mit drei oder mehr Pfeilern (7,5-9,2 Jahren).¹⁰⁵ Eine mögliche Erklärung dafür könnte sein, dass jeder Pfeiler ein eigenes Verlustrisiko birgt und dieses sich mit steigender Pfeileranzahl summiert. Beispielsweise erhöht sich mit steigender Pfeileranzahl die Wahrscheinlichkeit, dass einer dieser Zähne im Laufe der Beobachtungszeit endodontisch behandelt werden muss. Umso mehr Pfeiler verwendet werden, umso eher können zudem Dezementierungen unbemerkt auftreten, die die Entstehung von Karies an den betroffenen Pfeilern begünstigen. Zudem führt die Dezementierung zu ungleichmäßiger Belastung der Freidendbrücke, was Gerüst- und Pfeilerzahnfrakturen zur Folge haben kann. *Kerschbaum et al.* stellten in ihrer Studie ein mehr als doppelt so hohes Risiko für den Funktionsverlust von Freidendbrücken mit einem Pfeilerzahn fest als für Endpfeiler- und Freidendbrücken mit zwei Pfeilerzähnen.⁶⁶ Dies ist vermutlich der Tatsache geschuldet, dass bei Freidendbrücken mit lediglich einem Pfeilerzahn ungünstige Hebelwirkungen beim Kauen entstehen. Der einzelne Pfeilerzahn muss hierbei die gesamten Kaukräfte des Brückengliedes aufnehmen, was langfristig zur Schädigung des Parodontiums mit Pfeilerlockerung oder auch Pfeilerzahnfraktur führen kann. In der Studie von 2007 beschrieb *Eliasson* zwar nicht den Einfluss der Pfeileranzahl auf die Überlebensrate, aber den Zusammenhang mit dem Auftreten von Komplikationen. Diese traten bei Patienten mit mehr Pfeilerzähnen ($p=0,034$) und weniger Brückengliedern ($p=0,022$) häufiger auf.³⁷ Auch hier liegt die Vermutung nahe, dass das

Risiko beziehungsweise die Wahrscheinlichkeit für Komplikationen mit jedem weiteren Pfeilerzahn steigt, was in der Studie von *Eliasson* schließlich zu einer höheren Komplikationsrate führte. Des Weiteren könnten auch hier Dezentierungen an einzelnen Pfeilern zunächst unbemerkt geblieben sein, da die Stabilität der Freidendbrücke möglicherweise noch durch die restlichen Pfeiler gegeben war. Ergänzend hierzu stellte *De Backer* in seiner Studie von 2007 ein erhöhtes Risiko für einen Retentionsverlust oder gänzlichen Verlust der Restauration bei feststehendem Zahnersatz mit mehr als drei Einheiten fest.²⁷ Im Jahr 2006 verglich *Eliasson* in einer retrospektiven Studie den langfristigen Erfolg von feststehendem Zahnersatz auf zwei beziehungsweise drei Implantaten. Hinsichtlich der Implantatanzahl ließen sich signifikante Unterschiede bei den aufgetretenen Komplikationen unterscheiden. Während bei den Restaurationen auf zwei Implantaten signifikant häufiger Schraubenlockerungen auftraten, wurden bei den Versorgungen auf drei Implantaten mehr Verblendfrakturen beobachtet. Zu beachten ist hierbei jedoch, dass Freidendbrücken und Endpfeilerbrücken zusammen betrachtet wurden und dass die Versorgungen auf zwei Pfeilern häufiger ein Freidendglied besaßen als diejenigen auf drei Pfeilern. Die meisten Probleme mit Schraubenlockerungen wurden in der Studie von *Eliasson* durch Anpassung der Okklusalfäche erfolgreich behoben. Der Autor spekulierte, dass die häufiger auftretenden Schraubenlockerungen im Zusammenhang mit der geringeren Widerstandsfähigkeit gegenüber seitlichen Kräften bei Versorgungen mit zwei Implantaten gegenüber drei Pfeilern stehen.³⁸ Die aufgetretenen Verblendfrakturen könnten unter anderem durch Bruxismus hervorgerufen worden sein, da diese Patienten aus der Studie von *Eliasson* nicht ausgeschlossen wurden. Im Gegensatz dazu traten in der vorliegenden Studie trotz Einbeziehung von Bruxern keine Verblendfrakturen auf. Vorteilhaft kann jedoch bei Versorgungen auf drei Implantaten gegenüber denjenigen auf zwei Implantaten sein, dass bei dem Verlust eines Implantates nicht in jedem Fall eine Neuversorgung nötig wird.³⁷ Die Studien von *Schnaidt*, *Holm* und *Horsch* ermittelten, ähnlich der vorliegenden Studie, keinen signifikanten Einfluss der Pfeileranzahl beziehungsweise der Einheiten der Freidendbrücke auf die Überlebensrate.^{54, 55, 115}

7.2.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Art des Pfeilers

Die Art des Pfeilers zeigte, wie in Kapitel 6.2.6 bereits beschrieben, keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidendbrücken. Insgesamt wurden in der vorliegenden Studie 56 Freidendbrücken mit ausschließlich natürlichen Pfeilerzähnen dokumentiert, neun davon erlitten einen Funktionsverlust. 21 Freidendbrücken wurden durch Implantate gestützt, wovon drei ihre Funktion verloren. Eine Kombination aus Implantaten und natürlichen Zähnen als Pfeiler trat bei lediglich zwei Freidendbrücken auf. Der Großteil der vergleichbaren Studien untersuchten Freidendbrücken mit natürlichen Zähnen als Pfeiler. Einige bezogen dabei die Vitalität der Pfeiler als möglichen Einflussfaktor auf das Überleben der Freidendbrücken mit ein und stellten größere Erfolge bei Verwendung vitaler gegenüber devitaler Pfeilerzähne fest.^{29, 71, 75} 15 Studien betrachteten Freidendbrücken mit ausschließlich Implantaten als Pfeiler und fünf Studien bezogen sowohl Implantate als auch natürliche Zähne als Pfeiler mit ein. Lediglich zwei Studien dokumentierten hierbei auch Hybridbrücken. Die geringe Anzahl an untersuchten Hybridbrücken ist vermutlich der Tatsache geschuldet, dass meist mehrere Implantate gleichzeitig inseriert werden, insbesondere bei einer verkürzten Zahnreihe. Zudem empfiehlt die S3-Leitlinie zur Versorgung mit Verbundbrücken diese primär als Endpfeilerbrücken zu gestalten. Diese Empfehlung basiert auf dem Mangel an wissenschaftlicher Evidenz zum Thema „Verbundbrücken als Extensionsbrücken“, da hierzu bislang kaum qualitativ hochwertige Studien durchgeführt wurden.³¹ Folglich werden, bei Versorgung einer Schallücke oder einer verkürzten Zahnreihe, Freidendbrücken meist ausschließlich auf Implantaten oder ausschließlich auf natürlichen Zähnen abgestützt. In der Metaanalyse von *Pjetursson* konnte kein signifikanter Unterschied im Erfolg von Freidendbrücken auf Implantaten gegenüber Freidendbrücken gestützt von natürlichen Zähnen festgestellt werden.⁹⁵ In der vorliegenden Studie wurden lediglich zwei Verbundbrücken dokumentiert. Aufgrund der geringen Anzahl untersuchter Verbundbrücken und des fehlenden Auftretens eines Funktionsverlustes innerhalb des Beobachtungszeitraumes, wurden für Verbundbrücken keine Überlebensraten ermittelt. Ein aussagekräftiger Vergleich zu Freidendbrücken auf Implantaten oder natürlichen Zähnen war daher nicht möglich.

Rammelsberg et al. beobachteten in ihrer Studie ein tendenziell höheres Auftreten von Komplikationen wie Retentionsverlusten bei ausschließlich implantatgetragenen

Restaurationen im Vergleich zu Hybridbrücken. Bei der Untersuchung des Einflusses der Abstützung auf den Retentionsverlust wurde durch *Rammelsberg et al.* ebenfalls die Zementart in das multivariate Regressionsmodell einbezogen. Dabei stellte sich heraus, dass die Art des Pfeilers keinen signifikanten Effekt hatte, sondern die Art des verwendeten Zements. Bei Verwendung von semi-permanentem Befestigungszement wurden mehr Dezementierungen ermittelt als bei Verwendung von permanentem Zement.¹⁰¹ Folglich scheint die Art des Pfeilers eine untergeordnete Rolle hinsichtlich der Überlebensdauer der Freidendbrücken zu spielen, vielmehr scheint eine genauere Betrachtung der Zementart sowie der Vitalität der Pfeilerzähne sinnvoll zu sein.

7.2.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Position des Freidendgliedes

In der Fachliteratur führten 13 Studien ebenfalls die Position des Freidendgliedes auf.^{3, 24, 45, 55, 59, 68, 105, 109-111, 114, 115, 133}. In sechs dieser Studien wurden mehr distale als mesiale Anhänger dokumentiert.^{45, 55, 105, 114, 115, 133} Sowohl in der vorliegenden Arbeit als auch in der Mehrzahl der vergleichbaren Studien konnte kein signifikanter Einfluss der Freidendposition auf die Überlebensrate beziehungsweise Komplikationen der Freidendbrücken festgestellt werden. *Schnaidt* beschrieb 2011 in ihrer Studie Freidendbrücken mit 41,5% mesial befindlichen und 58,5% distal befindlichen Freidendgliedern und stellte keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Überlebensrate fest.¹¹⁵ Die Studie von *Rehmann et al.* bestätigt dieses Ergebnis.¹⁰⁵ *Rammelsberg et al.* untersuchten die Position des Freidendgliedes als möglichen Einflussfaktor für Chipping, konnten aber erneut keinen Zusammenhang feststellen.¹⁰¹ *Kim et al.* ermittelten in ihrer retrospektiven Kohortstudie von 2014 radiologisch den Knochenverlust, stellten aber ebenfalls keine Unterschiede zwischen Freidendbrücken mit mesialem oder distalem Freiede fest.⁶⁸ In seiner retrospektiven Studie untersuchte *Horsch* den Zusammenhang zwischen der Position des Freidendgliedes der Brücke und den aufgetretenen Komplikationen, die Unterschiede erwiesen sich jedoch auch hier als nicht signifikant ($p=0,628$).⁵⁵ Lediglich *Romeo et al.* stellten einen Unterschied zwischen Freidendbrücken mit mesial befindlichen und distal befindlichen Freidendgliedern hinsichtlich der periimplantären Knochenresorption fest. Dabei ergab sich eine geringfügig niedrigere Erfolgsrate (97,1%) für Freidendbrücken mit mesialem Anhänger gegenüber jenen mit distalem Anhänger (100%). Der Unterschied war jedoch nicht signifikant.¹¹⁰ Zu berücksichtigen ist hierbei die relativ geringe Fallzahl von 49 untersuchten Freidendbrücken und die Eingliederung von Freidendbrücken mit überwiegend mesial befindlichen Freiden.

7.2.10 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Zahngruppe des Freidendgliedes

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen bezüglich der Überlebensrate traten in der vorliegenden Studie nicht auf. Der Blick auf die Fachliteratur zeigt eine uneinheitliche Beschreibung der ersetzten Zahngruppen durch Freidendbrücken. Einige Autoren listeten ebenfalls die ersetzten Zahngruppen auf, zusätzlich wurde vereinzelt in ersetzte Zahngruppen im Ober- und Unterkiefer unterschieden.^{24, 52, 71, 107, 109, 133} Von dieser Einteilung abweichend wird in einigen Studien lediglich in anterior eingegliederte Freidendbrücken und posterior eingegliederte Freidendbrücken unterschieden.^{29, 38, 46, 55, 101} Aussagekräftige Vergleiche sind daher nur bedingt möglich. In der Studie von *Wolfart et al.* wurde unter anderem der Faktor der ersetzten Zahngruppe durch das Freidendglied aufgrund der geringen Anzahl von Ereignissen nur deskriptiv ausgewertet. Die vorläufigen Ergebnisse zeigten hierbei, dass Freidendbrücken und Endpfilerbrücken mit anatomisch gestalteten Gerüsten vielversprechende prothetische Versorgungen darstellen, sowohl im Bereich der Prämolaren als auch der Molaren. Diese Ergebnisse weisen jedoch eine gewisse Einschränkung auf, da in der Gruppe der Freidendbrücken und der Gruppe der Endpfilerbrücken unterschiedliche Verblendsysteme und Gerüstdesigns verwendet wurden und ein präziser Vergleich dadurch erschwert wird.¹³³ *Hochman* merkte in seiner Studie bezüglich ersetzter Eckzähne durch ein Freidendglied an, dass anstatt einer Eckzahnführung bevorzugt eine Gruppenführung angestrebt werden sollte, um die Kraft auf mehrere Zähne aufzuteilen. Eine Eckzahnführung wäre hier statisch ungünstig, da das Freidendglied starke okklusale Belastungen bei protrusiven und lateralen Exkursionen erfahren würde.⁵² In der Studie von *Jensen-Louwerse et al.* wurde überprüft, ob eine Korrelation zwischen der Veränderung des periimplantären Knochenniveaus und der Position des Implantats in der Molaren- und Prämolarenregion besteht, es konnte aber kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden.⁵⁹ *D'Albis et al.* untersuchten in ihrer Studie die klinischen Ergebnisse implantatgetragener Freidendbrücken, die zum Ersatz eines Eckzahnes, Prämolaren oder zweiten Molaren dienten. Dabei wurden insgesamt fünf Eckzähne, acht Prämolaren und drei zweite Molaren durch Freidendbrücken ersetzt. Nach einer Beobachtungszeit von drei bis vier Jahren erreichten die eingegliederten Freidendbrücken eine Überlebensrate von 100%, unabhängig von der Zahngruppe, die

durch das freitragende Brückenglied ersetzt wurde.²⁴ In der retrospektiven Kohortstudie von *Becker* aus dem Jahr 2004 wurden ebenfalls die ersetzten Zahngruppen dokumentiert. Im Unterkiefer und Oberkiefer dienten jeweils sechs Freidendbrücken zum Ersatz von Prämolaren. 20 Freidendbrücken ersetzten Molaren im Oberkiefer, 26 Freidendbrücken dienten zum Ersatz von lateralen Inzisivi und zwei Freidendbrücken wurden zum Ersatz von Eckzähnen verwendet. Insgesamt ermittelte *Becker* für alle Freidendbrücken eine Überlebensrate von 100% nach zehn Jahren. Innerhalb des Beobachtungszeitraumes wurden zwei Freidendbrücken rezementiert.⁹ Insgesamt wurde der Einfluss der ersetzten Zahngruppe auf die Überlebensrate von Freidendbrücken jedoch in der bisherigen Fachliteratur nur unzureichend untersucht, wodurch ein fundierter Vergleich kaum möglich ist. Durch die vorliegende Studie wird die in Kapitel 3 aufgestellte Nullhypothese jedoch beibehalten.

7.2.11 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit der Recallhäufigkeit beziehungsweise der Häufigkeit der Nachuntersuchung

Ein Großteil der vergleichbaren Studien führte ein Recallprogramm zur Verbesserung der Überlebenschancen der festsitzenden Versorgungen ein, zu denen auch Freidendbrücken zählten. Dabei wurde meist ein Recallintervall von sechs Monaten beziehungsweise mindestens einmal jährlich gewählt. Auch in der vorliegenden Studie konnte der Großteil der eingegliederten Freidendbrücken, nämlich 72 Versorgungen, mindestens einmal jährlich im Recall untersucht werden. Ob tatsächlich ein statistisch signifikanter Einfluss der Recall-Häufigkeit auf die Überlebensdauer der Freidendbrücken besteht, wurde in der Fachliteratur kaum untersucht. *Nyman et al.* führte in seiner Studie alle drei bis sechs Monate einen Recall durch, der die Durchführung eines Scalings sowie einer professionellen Zahnreinigung mit abschließender Mundhygieneinstruktion beinhaltete. Untersucht wurden abschließend der Plaque-Index, die gingivalen Verhältnisse, die Sondierungstiefen, das Attachmentlevel und die Alveolarknochenhöhe. Ein signifikanter Unterschied zwischen Freidendbrücken und Endpfeilerbrücken hinsichtlich der untersuchten Parameter bestand nicht.⁸⁷ *Rehmann et al.* untersuchte, ob die regelmäßige Teilnahme der Patienten an Recalls einen Einfluss auf das Überleben der Freidendbrücken

hatte. Ein statistisch signifikanter Einfluss konnte allerdings nicht nachgewiesen werden.¹⁰⁵ *Karlsson, Yi et al.* und *Schnaidt* überprüften in ihren Studien zwar nicht die statistische Signifikanz der Nachsorge, vermuteten aber, dass der regelmäßig durchgeführte Recall eine Voraussetzung für eine positive Langzeitprognose darstellt.^{62, 115, 138} Auch in der vorliegenden Studie war die Recallhäufigkeit für die Überlebensrate der Freundbrücken statistisch nicht signifikant. Dies könnte möglicherweise auf das ungleiche Verhältnis zwischen Patienten, die regelmäßig an Recalls teilnahmen und Patienten, die keinen regelmäßigen Recall wahrnahmen, zurückzuführen sein. Es zeigte sich, dass mehr Freundbrücken mindestens einmal jährlich kontrolliert wurden, während bei lediglich sieben der 79 untersuchten Freundbrücken kein regelmäßiger Recall stattfand.

7.3 Schlussfolgerung

Im Kontext mit der berücksichtigten Literatur lassen die Ergebnisse der vorliegenden Studie den Schluss zu, dass Freidendbrücken eine gute Versorgungsmöglichkeit sowohl für Schaltlücken als auch für uni- und bilaterale Freundsituationen darstellen. Als festsitzenden Zahnersatz bieten sie einen guten Kaukomfort und überzeugen die Patienten mit einer ansprechenden Ästhetik. In einigen Studien wurden dazu Patientenbefragungen durchgeführt und der überwiegende Anteil der Befragten gab an, in beiden Aspekten sehr zufrieden zu sein.^{9, 24, 59, 61, 81, 107, 133}

Die Versorgung mit Freidendbrücken ist im Vergleich zu Implantatversorgungen mit einem geringeren Behandlungsumfang und weniger Zeitaufwand verbunden. Daher eignen sie sich besonders gut für Patienten, die eine verhältnismäßig schnelle Versorgung wünschen oder bei Freundsituationen ein geringes Knochenangebot aufweisen. Auch für Patienten mit Fibulatransplantaten stellen Freidendbrücken im Übergangsbereich zwischen Kieferknochen und Transplantat eine vielversprechende und oft einzige Versorgungsmöglichkeit im Vergleich zu Implantaten dar. Die in der vorliegenden Studie ermittelten 5-, 10- und 15-Jahres-Überlebensraten sowie die in der aufgefundenen Fachliteratur dokumentierten Überlebensraten deuten auf eine hohe Langlebigkeit der Freidendbrücken hin. Diese kann durch regelmäßig durchgeführte Recalls unterstützt werden, um die Pfeilergesundheit und technische Integrität der Freidendbrücken zu gewährleisten. In Anbetracht der Ergebnisse der Fachliteratur, weiterer Studien^{10, 11, 92, 144} sowie Publikationen^{123 121}, stellt der regelmäßige Recall einen wichtigen Bestandteil in der Prävention von Karies und Parodontitis dar.

Zudem scheint es empfehlenswert zu sein, vitale Pfeilerzähne für die Versorgung mit Freidendbrücken zu verwenden^{29, 103, 105} und ein besonderes Augenmerk auf eine gleichmäßige Verteilung der okklusalen Belastung zu legen. Im Bereich des Freidendgliedes wird empfohlen, gleichmäßige bis leichte okklusale Kontakte bei der statischen Okklusion anzustreben und okklusale Belastungen bei der dynamischen Okklusion zu vermeiden.^{37, 52, 74, 109, 114} Da das Patientenalter in keiner der untersuchten Studien einen signifikanten Einfluss auf die Überlebensdauer hatte, scheint die Versorgung in Form von Freidendbrücken für jede Altersgruppe empfehlenswert zu sein. Zudem scheinen sie in vielen Fällen sowohl für Männer als auch für Frauen eine geeignete und zufriedenstellende Versorgung darzustellen. Allerdings sollte eine

patientenorientierte Aufklärung über die ästhetischen Eigenschaften der für die Freidendbrücke in Frage kommenden Materialien erfolgen. In Anbetracht der Fachliteratur und der ermittelten Ergebnisse scheinen Freidendbrücken sowohl mit mesialem als auch mit distalem Freidendglied erfolgversprechend zu sein.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Mehrzahl der Studien den Einfluss der ersetzten Zahngruppe in Form von Molaren, Prämolaren, Eckzähnen oder Inzisivi durch das Freidendglied auf die Überlebensdauer der Freidendbrücken nicht untersuchte. Für das Patientenkollektiv der vorliegenden Studie hatte die ersetzte Zahngruppe keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebensdauer der Freidendbrücken. Somit lässt sich für die Freidendbrücken in Hinblick auf die Vorgaben der Kassenzahnärztlichen Richtlinien für das untersuchte Patientenkollektiv, unter Einbeziehung aller zuvor beschriebenen Limitationen, vorsichtig schlussfolgern, dass Freidendbrücken zum Ersatz von Molaren und Eckzähnen gleichwertig mit jenen zum Ersatz von Prämolaren und Inzisivi sind. Da die Fallzahl in der vorliegenden Studie jedoch verhältnismäßig gering ausfällt, bedarf es für die Ableitung von Behandlungsempfehlung für ein großes Patientenkollektiv weitere, groß angelegte Studien (gegebenenfalls Multizentrische Studien), die diesen Faktor berücksichtigen. Aus den vorliegenden Ergebnissen lässt sich schließen, dass die in dieser Studie formulierte Nullhypothese beizubehalten ist.

8 Zusammenfassung

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde die klinische Bewährung von Freidendbrücken unter Berücksichtigung der Kassenzahnärztlichen Richtlinien untersucht. Diese Richtlinien schreiben vor, dass Freidendbrücken durch mindestens zwei Pfeilerzähne abgestützt sein müssen und dass das Freidendglied eine Prämolarenbreite umfasst. Zur Untersuchung wurden im Zeitraum von September 2005 bis Oktober 2024 79 Freidendbrücken bei 72 Patienten mithilfe des zentrameigenen MZD-Programms dokumentiert und anschließend statistisch ausgewertet.

Für die Überlebenszeitanalyse wurde die Kaplan-Meier-Methode verwendet. Als Zielereignis wurde der Funktionsverlust der Freidendbrücke gewählt. Insgesamt wurde der Einfluss von neun Faktoren (Alter, Geschlecht, Lokalisation der Freidendbrücke, Gegenkieferbezahnung, Pfeileranzahl, Pfeilerart, Position des Freidendgliedes, Zahngruppe des Freidendgliedes und Recallhäufigkeit) auf die Überlebenszeit der Freidendbrücken untersucht. Für die Detektion signifikanter Unterschiede hinsichtlich der neun Einflussfaktoren auf die Überlebensrate wurden der Log-Rank-Test, der Breslow- sowie Tarone-Ware-Test verwendet. Das Signifikanzniveau lag bei $p > 0,05$.

Keiner der untersuchten Einflussfaktoren hatte einen signifikanten Einfluss auf die Überlebensrate der Freidendbrücken.

Bei einem durchschnittlichen Patientenalter von $57,48 \pm 14,28$ Jahren lag die mittlere Überlebenszeit der Freidendbrücken bei $13,49 \pm 0,90$ Jahren. Das Zielereignis „Funktionsverlust“ trat bei zwölf Freidendbrücken auf. Mit 33,33 % ($n=4$) stellte die Fraktur des Pfeilerzahnes den häufigsten Grund für die Entfernung der Freidendbrücke dar. Die Überlebensrate betrug für Freidendbrücken nach 5 Jahren 85,6%, die 10- und 15-Jahres-Überlebensrate lag bei 68,2%.

Konkludierend lassen die vorliegenden Ergebnisse im Kontext mit der aufgefundenen Literatur den Schluss zu, dass Freidendbrücken eine gute Versorgungsmöglichkeit sowohl für Schatlücken als auch für uni- und bilaterale Freendsituationen in allen Regionen des Kiefers darstellen.

9 Summary

In this retrospective study, the clinical performance of cantilever fixed partial dentures was examined in accordance with the guidelines of the contractual dental care. These guidelines stipulate that cantilever fixed partial dentures must be supported by at least two abutment teeth. Furthermore, the free-end pontic should cover a premolar width and neither canines nor molars may be replaced by the free-end pontic. For the study, 79 cantilever fixed partial dentures in 72 patients were documented in the period from September 2005 to October 2024 using the center's own MZD program and then statistically evaluated.

The Kaplan-Meier method was used for the survival time analysis. The loss of function of the cantilever fixed partial dentures was selected as the target event. In total, the influence of 9 factors (age, gender, location of the cantilever bridge, opposing dentition, number of abutments, type of abutment, position of the cantilever and recall frequency) on the survival time of the cantilever bridges was examined. The log-rank test, the Breslow and Tarone-Ware test were used to detect significant differences regarding the 9 factors influencing the survival rate. The significance level was $p > 0.05$. None of the influencing factors examined had a significant influence on the survival rate of cantilever fixed partial dentures.

With an average patient age of 57.48 ± 14.28 years, the mean survival time of cantilever fixed partial dentures was 13.49 ± 0.90 years. The target event "loss of function" occurred in 12 cantilever bridges. At 33.33% ($n=4$), fracture of the abutment tooth was the most common reason for removal of the cantilever bridge. The 5-year survival rate for cantilever bridges was 85.6%, while the 10- and 15-year survival rates were 68.2%.

In conclusion, the present findings, in conjunction with the reviewed literature, suggest that cantilever bridges represent a viable treatment option for both bounded edentulous spaces and unilateral or bilateral free-end situations in all regions of the jaw.

10 Darstellungsverzeichnis

10.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 5.1: Herangehensweise für die Festlegung der in die Studie einbezogenen Patienten und Freundbrücken.....	39
Abbildung 6.1: Altersverteilung bei Eingliederung der Freundbrücke (n=79).....	45
Abbildung 6.6: Verteilung der Pfeilerarten der eingegliederten Freundbrücken (n=79)	47
Abbildung 6.8: Verteilung der Zahngruppen bei Eingliederung der Freundbrücken (n=79).....	48
Abbildung 6.10: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebensfunktion der Freundbrücken (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79.....	51
Abbildung 6.11: Kumulative Hazard-Funktion der Freundbrücken (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79	51
Abbildung 6.12: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freundbrücken in Abhängigkeit des Alters (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79.....	52
Abbildung 6.13: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freundbrücken in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79.....	54
Abbildung 6.14: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freundbrücken in Abhängigkeit des Geschlechtes (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79	54
Abbildung 6.15: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freundbrücken in Abhängigkeit der Lokalisation der Freundbrücke (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79	56

Abbildung 6.16: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Lokalisation der Freidbrücken (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7956

Abbildung 6.17: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaehnung (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7958

Abbildung 6.18: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaehnung (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7958

Abbildung 6.19: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7960

Abbildung 6.20: Kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7961

Abbildung 6.21:Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Pfeilerart (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79.62

Abbildung 6.22: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Pfeilerart (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79.63

Abbildung 6.23: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Position des Freidgliedes (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7965

Abbildung 6.24: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der Position des Freidgliedes (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7965

Abbildung 6.25: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der Freidbrücken in Abhängigkeit der ersetzten Zahngruppen des Freidglied (Zielereignis: Funktionsverlust), n=7967

Abbildung 6.26: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der
Freiendbrücken in Abhängigkeit der Zahngruppen des Freiedglied (Zielereignis:
Funktionsverlust), n=7968

Abbildung 6.27: Kaplan-Meier-Kurve zur Überlebenswahrscheinlichkeit der
Freiendbrücken in Abhängigkeit der Häufigkeit des Recalls/ der Nachuntersuchung ...70

Abbildung 6.28: kumulative Hazard-Funktion zur Überlebenswahrscheinlichkeit der
Freiendbrücken in Abhängigkeit der Häufigkeit des Recalls/ der Nachuntersuchung ...70

10.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überlebenszeitanalysen zu Freiidbrücken (CMD = craniomandibuläre Dysfunktion, Endpfbr. = Endpfeilerbrücke, Extbr. = Extensionsbrücke/Freiidbrücke, Impl. = Implantat, * = kombinierte Überlebensrate von Extbr. und Endpfeilerbrücken, k.A. = keine Angaben, Pat. = Patient, PA = Parodontitis, TkBr. = Teilkronenbrücke)..12	
Tabelle 2: Pfeilerarten der Freiidbrücken (Pat. = Patient, Pf. = Pfeilerzahn, Impl. = Implantat, k.A. = keine Angaben, KM = Kaplan-Meier, LF = Life-Table, DS = deskriptive Statistik, Q = Quotientenbildung)	24
Tabelle 3: Gründe für einen Funktionsverlust der Freiidbrücken, n = 79	49
Tabelle 4: Cox-Regression der Freiidbrücken für das Patientenalter (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	52
Tabelle 5: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit des Geschlechtes in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	53
Tabelle 6: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der Lokalisation in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	55
Tabelle 7: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der Gegenkieferbezaahnung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	57
Tabelle 8: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der Pfeileranzahl in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	60
Tabelle 9: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der Pfeilerart in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust) n = 79	62
Tabelle 10: Mittlere Überlebenswahrscheinlichkeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der Position des Freiidgliedes in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	64
Tabelle 11: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der ersetzten Zahngruppen durch das Freiidglied in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n = 79	67
Tabelle 12: Mittlere Überlebenszeit der Freiidbrücken in Abhängigkeit der Häufigkeit des Recalls/ der Nachuntersuchung in Jahren (Zielereignis: Funktionsverlust), n=79 ...	69

11 Literaturverzeichnis

1. Aboelfadl A, Keilig L, Ebeid K, Ahmed MAM, Nouh I, Refaie A, et al. Biomechanical behavior of implant retained prostheses in the posterior maxilla using different materials: a finite element study. *BioMedCentral Oral Health* 2024;24:1-12.
2. Abrahamsson I, Berglundh T, Linder E, Lang NP, Lindhe J. Early bone formation adjacent to rough and turned endosseous implant surfaces. An experimental study in the dog. *Clinical oral implants research* 2004;15:381-392.
3. Aglietta M, Siciliano VI, Zwahlen M, Brägger U, Pjetursson BE, Lang NP, et al. 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* 2009;20:441-451.
4. Amine M, Benazouz I, Andoh A. The biomechanics of implant-supported cantilevered fixed partial dentures: Systematic review of the literature. *Oral Health Care* 2020;5:1-5.
5. Axelsson P, Lindhe J, Nyström B. On the prevention of caries and periodontal disease. Results of a 15-year longitudinal study in adults. *Journal of clinical periodontology* 1991;18:182-189.
6. Axelsson P, Nyström B, Lindhe J. The long-term effect of a plaque control program on tooth mortality, caries and periodontal disease in adults. Results after 30 years of maintenance. *Journal of clinical periodontology* 2004;31:749-757.
7. Barbe AG; Mundhygiene bei Pflegebedürftigen - Teil 1: Prävalenzen, Ursachen und Risikofaktoren für mangelnde Mundhygiene und - gesundheit [aktualisiert am 27.05.2025] Link: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/de/news/zahnmedizin/alterszahnmedizin/mundhygiene-bei-pflegebeduerftigen>.
8. Bart I, Dobler B, Schmidlin K, Zwahlen M, Salvi GE, Lang NP, et al. Complication and failure rates of tooth-supported fixed dental prostheses after 7 to 19 years in function. *The International Journal of Prosthodontics* 2012;25:360-367.
9. Becker CM. Cantilever fixed prostheses utilizing dental implants: a 10-year retrospective analysis. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 2004;35:437-441.
10. Bidra AS, Daubert DM, Garcia LT, Gauthier MF, Kosinski TF, Nenn CA, et al. A Systematic Review of Recall Regimen and Maintenance Regimen of Patients with Dental Restorations. Part 1: Tooth-Borne Restorations. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* 2016;25:2-15.
11. Bidra AS, Daubert DM, Garcia LT, Gauthier MF, Kosinski TF, Nenn CA, et al. A Systematic Review of Recall Regimen and Maintenance Regimen of Patients with Dental Restorations. Part 2: Implant-Borne Restorations. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists* 2016;25:16-31.

12. Brägger U, Hirt-Steiner S, Schnell N, Schmidlin K, Salvi GE, Pjetursson B, et al. Complication and failure rates of fixed dental prostheses in patients treated for periodontal disease. *Clinical oral implants research* 2011;22:70-77.
13. Budtz-Jørgensen E, Isidor F. A 5-year longitudinal study of cantilevered fixed partial dentures compared with removable partial dentures in a geriatric population. *The Journal of prosthetic dentistry* 1990;64:42-47.
14. Budtz-Jørgensen E, Isidor F. Cantilever bridges or removable partial dentures in geriatric patients: a two-year study. *Journal of oral rehabilitation* 1987;14:239-249.
15. Bukhari MA, Fatani OH, Alrifai JA, Kabli SW, Alhomood MA, Alnomani MH, et al. Advantages and disadvantages of cantilever bridges. *International Journal of Community Medicine and Public Health* 2022;9:359-363.
16. Statistisches Bundesamt; Sterbefälle und Lebenserwartung: Entwicklung der Lebenserwartung in Deutschland seit 1871/1881 [aktualisiert am 12.09.2025] Link: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Bevoelkerung/Sterbefaelle-Lebenserwartung/sterbetafel.html>.
17. Carlson BR, Yontchev E. Long-term observations of extensive fixed partial dentures on mandibular canine teeth. *Journal of oral rehabilitation* 1996;23:163-169.
18. Chaar MS, Passia N, Kern M. Inlaybrücke - Alternative zum Implantat? *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 2015;46:781-788.
19. Chitumalla R, Munaga S, Khare A, Agarwal S, Bhojar A, Parlani S. Stress distribution among periodontally compromised abutments: A comparative study using three-dimensional finite element analysis. *Contemporary clinical dentistry* 2012;3:452-458.
20. Cholmakow-Bodechtel C, Füßl-Grünig E, Geyer S, Hertrampf K, Hoffmann T, Holtfreter B, et al. Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V)- Kurzfassung. Köln: *Institut der Deutschen Zahnärzte im Auftrag von Bundeszahnärztekammer und Kassenzahnärztlicher Bundesvereinigung* 2016;35:4-36.
21. Chrcanovic BR, Kisch J, Larsson C. Retrospective clinical evaluation of 2- to 6-unit implant-supported fixed partial dentures: Mean follow-up of 9 years. *Clinical implant dentistry and related research* 2020;22:201-212.
22. Cristea I, Agop-Forna D, Dascalu C, Bardis D, Topoliceanu C, Forna N. Survival and prosthetic success of fixed partial dentures supported by either abutment teeth or implants: A retrospective study. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation* 2022;14:40-47.
23. Cristea I, Agop-Forna D, Martu MA, Dascălu C, Topoliceanu C, Török R, et al. Oral and Periodontal Risk Factors of Prosthetic Success for 3-Unit Natural Tooth-Supported Bridges versus Implant-Supported Fixed Dental Prostheses. *Diagnostics (Basel, Switzerland)* 2023;13:1-11.
24. D'Albis G, D'Albis V, Susca B, Palma M, Al Krenawi N. Implant-supported zirconia fixed partial dentures cantilevered in the lateral-posterior area: A 4-year clinical results. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects* 2022;16:258-263.
25. De Angelis P, Manicone PF, Liguori MG, D'Addona A, Ciolfi A, Cavalcanti C, et al. Clinical and radiographic evaluation of implant-supported single-unit crowns with

- cantilever extensions: A systematic review and meta-analysis. *The international Journal of Prosthodontics* 2024;33:841-851.
26. De Backer H, Van Maele G, De Moor N, Van den Berghe L, De Boever J. A 20-year retrospective survival study of fixed partial dentures. *The International Journal of Prosthodontics* 2006;19:143-153.
27. De Backer H, Van Maele G, Decock V, Van den Berghe L. Long-term survival of complete crowns, fixed dental prostheses, and cantilever fixed dental prostheses with posts and cores on root canal-treated teeth. *The International Journal of Prosthodontics* 2007;20:229-234.
28. De Oliveira Nicolau Mantovani AK, De Mattias Sartori IA, Azevedo-Alanis LR, Tiozzi R, Fontão F. Influence of cortical bone anchorage on the primary stability of dental implants. *Oral and maxillofacial surgery* 2018;22:297-301.
29. Decock V, De Nayer K, De Boever JA, Dent M. 18-year longitudinal study of cantilevered fixed restorations. *The International Journal of Prosthodontics* 1996;9:331-340.
30. Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie. S3-Leitlinie (Langversion): Diagnostik und Behandlung von Bruxismus. *Zeitschrift für Kраниomandibuläre Funktion* 2019;11:225-385.
31. Deutsche Gesellschaft für Implantologie im Zahn-, Mund- und Kieferbereich (DGI), Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK). S3-Leitlinie (Langversion): Ersatz fehlender Zähne mit Verbundbrücken. 2019:1-45.
32. Deutsche Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. S2k-Leitlinie (Langfassung): Therapie des dentalen Traumas bleibender Zähne. 2022:1-73.
33. Deutsche Gesellschaft für Orale Implantologie. Biologische Breite. *Praktische Implantologie und Implantatprothetik* 2012;2:14-28.
34. Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien e.V., Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. S3-Leitlinie (Langfassung): Vollkeramische Kronen und Brücken. 2021:1-29.
35. Diedrichs U, Myrau J, Reißmann DR. Materialkompass festsitzender Zahnersatz - Innovation vs. Evidenz. Ein Leitfadens für die Praxis. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2024;79:180-195.
36. Eggerath J, Viktorov Y, Engler-Hamm D. Indikationen zur Durchführung der chirurgischen Kronenverlängerung. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 2013;64:159-169.
37. Eliasson A, Arnelund CF, Johansson A. A clinical evaluation of cobalt-chromium metal-ceramic fixed partial dentures and crowns: A three- to seven-year retrospective study. *The Journal of prosthetic dentistry* 2007;98:6-16.
38. 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* 2006;21:567-574.
39. Euser AM, Zoccali C, Jager KJ, Dekker FW. Cohort studies: prospective versus retrospective. *Nephron Clinical practice* 2009;113:214-217.

40. Feine JS, de Grandmont P, Boudrias P, Brien N, LaMarche C, Taché R, et al. Within-subject comparisons of implant-supported mandibular prostheses: choice of prosthesis. *Journal of dental research* 1994;73:1105-1111.
41. Frank I, Kistler S, Sigmund F, Neugebauer J; Festsitzender Zahnersatz bei älteren Patienten in der zahnärztlichen Praxis [aktualisiert am 12.09.2025] Link: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/de/news/zahnmedizin/alterszahnmedizin/festsitzender-zahnersatz-bei-aelteren-patienten-in-der-zahnaerztlichen-praxis>.
42. Gemeinsamer Bundesausschuss. Richtlinien des Gemeinsamen Bundesausschusses für eine ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche vertragszahnärztliche Versorgung mit Zahnersatz und Zahnkronen. *Bundesanzeiger* 2016:1-9
43. Grunert I, Müller M. Prothetische Versorgungen im Alter-Herausforderung für Patient, Zahnarzt, Angehörige und Pflegepersonal. *Dentista* 2021;3:19-22.
44. Hahnel S. Mundtrockenheit bei Senioren. *Zeitschrift für Senioren-Zahnmedizin* 2013;1:159-165.
45. Hälg GA, Schmid J, Hämmerle CH. Bone level changes at implants supporting crowns or fixed partial dentures with or without cantilevers. *Clinical oral implants research* 2008;19:983-990.
46. Hämmerle CH, Ungerer MC, Fantoni PC, Brägger U, Bürgin W, Lang NP. Long-term analysis of biologic and technical aspects of fixed partial dentures with cantilevers. *The International Journal of Prosthodontics* 2000;13:409-415.
47. Held U. Welche Arten von Studiendesigns gibt es und wie werden sie korrekt eingesetzt? *Schweizerisches Medizin-Forum* 2010;10:712-714.
48. Hellwig E, Schäfer E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltungskunde: Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie. 7., überarbeitete Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag* 2018.
49. Heydecke G, Boudrias P, Awad MA, De Albuquerque RF, Lund JP, Feine JS. Within-subject comparisons of maxillary fixed and removable implant prostheses: Patient satisfaction and choice of prosthesis. *Clinical oral implants research* 2003;14:125-130.
50. Heydecke G, Richter E, Seedorf H. Festsitzender Zahnersatz für zahnbegrenzte Lücken. *Zahnärztliche Mitteilungen* 2009;7:48-52.
51. Heydecke G, Seedorf H, Kern M, Edelhoff D, Yildirim M, Schütte U, et al. Festsitzender Zahnersatz für zahnbegrenzte Lücken: S1-Empfehlung. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2012;67:664-672.
52. Hochman N, Ginio I, Ehrlich J. The cantilever fixed partial denture: a 10-year follow-up. *The Journal of prosthetic dentistry* 1987;58:542-545.
53. Hochman N, Mitelman L, Hadani PE, Zalkind M. A clinical and radiographic evaluation of fixed partial dentures (FPDs) prepared by dental school students: a retrospective study. *Journal of oral rehabilitation* 2003;30:165-170.
54. Holm C, Tidehag P, Tillberg A, Molin M. Longevity and quality of FPDs: a retrospective study of restorations 30, 20, and 10 years after insertion. *The International Journal of Prosthodontics* 2003;16:283-289.

55. 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* 2022;24:621-629.
56. Howaldt HP, Schmelzeisen R. Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie: Für Studium, Examen und Weiterbildung. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag* 2015.
57. Huang R, Zhou C, Zhan L, Liu Y, Liu X, Du Q, et al. Experts consensus on management of tooth luxation and avulsion. *International journal of oral science* 2024;16:57.
58. Izikowitz L. A long-term prognosis for the free-end saddle-bridge. *Journal of oral rehabilitation* 1985;12:247-262.
59. Jensen-Louwerse C, Sikma H, Cune MS, Guljé FL, Meijer HJA. 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* 2021;7:78.
60. Johansson A, Omar R, Carlsson GE. Bruxism and prosthetic treatment: a critical review. *Journal of prosthodontic research* 2011;55:127-136.
61. Johansson LA, Ekfeldt A. Implant-supported fixed partial prostheses: a retrospective study. *The International Journal of Prosthodontics* 2003;16:172-176.
62. Karlsson S. A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion. *Journal of oral rehabilitation* 1986;13:423-432.
63. Karlsson S. Failures and length of service in fixed prosthodontics after long-term function. A longitudinal clinical study. *Swedish dental journal* 1989;13:185-192.
64. Kawahara H, Inoue M, Okura K, Oshima M, Matsuka Y. Risk Factors for Tooth Loss in Patients Undergoing Mid-Long-Term Maintenance: A Retrospective Study. *International journal of environmental research and public health* 2020;17:1-8.
65. Kern M, Luthardt R, Pospiech P, Pröbster L, Reich S, Tinschert J, et al. Klinische Indikation von Kronen und Teilkronen (der geschädigte Zahn). *Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW)* 2008:1-3.
66. Kerschbaum T, Paszyna C, Klapp S, Meyer G. Failure-time and risk analysis of fixed partial dentures. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 1991;46:20-24.
67. Kiely KM, Brady B, Byles J. Gender, mental health and ageing. *Maturitas* 2019;129:76-84.
68. 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* 2014;25:175-184.
69. Klug SJ, Bender R, Blettner M, Lange S. Wichtige epidemiologische Studientypen. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2004;129:7-10.
70. Krause L, Frenzel Baudisch N, Bartig S, Kuntz B. Inanspruchnahme einer Zahnvorsorgeuntersuchung durch Erwachsene: Ergebnisse der GEDA-Studie 2009, 2010, 2012. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2020;75:353-365.

71. Landolt A, Lang NP. Results and failures in extension bridges. A clinical and roentgenological follow-up study of free-end bridges. *Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin* 1988;98:239-244.
72. Lang NP, Pjetursson BE, Tan K, Brägger U, Egger M, Zwahlen M. A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years. II. Combined tooth--implant-supported FPDs. *Clinical oral implants research* 2004;15:643-653.
73. Lange S, Bender R. Median or mean? *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2007;132:1-2.
74. Laurell L, Lundgren D, Falk H, Hugoson A. Long-term prognosis of extensive polyunit cantilevered fixed partial dentures. *The Journal of prosthetic dentistry* 1991;66:545-552.
75. Leempoel PJ, Käyser AF, Van Rossum GM, De Haan AF. The survival rate of bridges. A study of 1674 bridges in 40 Dutch general practices. *Journal of oral rehabilitation* 1995;22:327-330.
76. Levin KA. Study design I. *Evidence-based dentistry* 2005;6:78-79.
77. Liebold, Raff, Wissing. Abrechnungstipp:Freiendbrücken [aktualisiert am 12.09.2025] Link: <https://www.bema-goz.de/upload/docs/freiendbruecken.pdf>
78. Lindquist E, Karlsson S. Success rate and failures for fixed partial dentures after 20 years of service: Part I. *The International Journal of Prosthodontics* 1998;11:133-138.
79. Ludwig A, Heydecke G, Aggstaller H, Böning K, Busche E, Ebenhöf J, et al. Einfluss unterschiedlicher prothetischer Versorgungskonzepte der verkürzten Zahnreihe auf die Zielkriterien Karies, Vitalität und Zahnverlust: 3-Jahres-Ergebnisse der Pilotphase einer multizentrischen Studie. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2006;61:650-661
80. Lulic M, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M, Salvi GE. Ante's (1926) law revisited: a systematic review on survival rates and complications of fixed dental prostheses (FDPs) on severely reduced periodontal tissue support. *Clinical oral implants research* 2007;18:63-72.
81. Maló P, de Araujo Nobre M, Lopes A. The prognosis of partial implant-supported fixed dental prostheses with cantilevers. A 5-year retrospective cohort study. *European journal of oral implantology* 2013;6:51-59.
82. Martin F. Schmerzbeeinflussung bei chronischem Bruxismus, Teil I: Ätiologie, Therapieansätze. *Systemische Orale Medizin* 2016;5:6-10.
83. Mikeli A, Walter MH. Impact of Bruxism on Ceramic Defects in Implant-Borne Fixed Dental Prostheses: A Retrospective Study. *The International Journal of Prosthodontics* 2016;29:296-298.
84. Muddugangadhar BC, Amarnath GS, Sonika R, Chheda PS, 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* 2015;7:11-17.
85. Mundt T, Bernhardt O, Krey KF, Splieth C, Völzke H, Samietz S, et al. The impact of malocclusion on tooth loss over a 20-year period: Findings from the Population-Based Study of Health in Pomerania (SHIP). *Journal of dentistry* 2025;153:1-8.

86. Nyman S, Ericsson I. The capacity of reduced periodontal tissues to support fixed bridgework. *Journal of clinical periodontology* 1982;9:409-414.
87. Nyman S, Lindhe J. A longitudinal study of combined periodontal and prosthetic treatment of patients with advanced periodontal disease. *Journal of periodontology* 1979;50:163-169.
88. Nyman S, Lindhe J, Lundgren D. The role of occlusion for the stability of fixed bridges in patients with reduced periodontal tissue support. *Journal of clinical periodontology* 1975;2:53-66.
89. Oksuzyan A, Shkolnikova M, Vaupel JW, Christensen K, Shkolnikov VM. Sex differences in health and mortality in Moscow and Denmark. *European journal of epidemiology* 2014;29:243-252.
90. Ommerborn MA. Bruxismus: Prävalenz und Risikofaktoren. *Zahnmedizin up2date* 2013;7:581-605.
91. Ong G. Periodontal disease and tooth loss. *International Dental Journal* 1998;48:233-238.
92. Ortolan SM, Viskić J, Stefanić S, Sitar KR, Vojvodić D, Mehulić K. Oral hygiene and gingival health in patients with fixed prosthodontic appliances-a 12-month follow-up. *Collegium antropologicum* 2012;36:213-220.
93. Owall BE, Almfeldt I, Helbo M. Twenty-year experience with 12-unit fixed partial dentures supported by two abutments. *The International Journal of Prosthodontics* 1991;4:24-29.
94. Palmqvist S, Swartz B. Artificial crowns and fixed partial dentures 18 to 23 years after placement. *The International Journal of Prosthodontics* 1993;6:279-285.
95. Pjetursson B, Tan K, Lang NP, 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.IV Cantilever or extension FPDs. *Clinical oral implants research* 2004;15:667-676.
96. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M. Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clinical oral implants research* 2007;18:97-113.
97. Pjetursson BE, Thoma D, Jung R, Zwahlen M, Zembic A. A systematic review of the survival and complication rates of implant-supported fixed dental prostheses (FDPs) after a mean observation period of at least 5 years. *Clinical oral implants research* 2012;23:22-38.
98. Prasanna BG, Reddy KK, Harsha TV, Ramesh GC. Clinical evaluation of conventional cantilever and resin bonded cantilever fixed partial dentures: a comparative study. *The journal of contemporary dental practice* 2012;13:793-798.
99. Rabel K, Vach K, Albadry M, Spies BC, Kohal RJ. Survival, technical and biological outcome of fixed tooth- and implant-supported restorations: A retrospective analysis of a patient cohort treated in an undergraduate dental education program. *Journal of dentistry* 2024;150:1-8.

100. Ramirez-Santana M. Limitations and Biases in Cohort Studies. In: Mauricio Barria R (Hrsg.). *Cohort Studies in Health Sciences* 2018; Kapitel 03:29-45.
101. Rammelsberg P, Schwarz S, Schroeder C, Bermejo JL, Gabbert O. Short-term complications of implant-supported and combined tooth-implant-supported fixed dental prostheses. *Clinical oral implants research* 2013;24:758-762.
102. Randow K, Glantz PO. On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study. *Acta odontologica Scandinavica* 1986;44:271-277.
103. Randow K, Glantz PO, Zöger B. Technical failures and some related clinical complications in extensive fixed prosthodontics. An epidemiological study of long-term clinical quality. *Acta odontologica Scandinavica* 1986;44:241-255.
104. Rehmann P, Podhorsky A, Schaaf D, Rudel K, Wöstmann B. Long-span fixed dental prostheses not meeting Ante's law: a retrospective analysis. *Quintessence international (Berlin, Germany : 1985)* 2015;46:51-57.
105. Rehmann P, Podhorsky A, Wöstmann B. Treatment Outcomes of Cantilever Fixed Partial Dentures on Vital Abutment Teeth: A Retrospective Analysis. *The International Journal of Prosthodontics* 2015;28:577-582.
106. Ressing M, Blettner M, Klug SJ. Auswertung epidemiologischer Studien. *Deutsches Ärzteblatt* 2010;107:187-192.
107. Rinke S. Klinische Bewährung von vollkeramischen Extensionsbrücken: 2-Jahres-Ergebnisse. *Quintessenz Zahnmedizin* 2006;57:139-146.
108. Rocuzzo A, Fanti R, Mancini L, Imber JC, Stähli A, Molinero-Mourelle P, et al. Implant-supported fixed dental prostheses with cantilever extensions: State of the art and future perspectives. *International journal of oral implantology (Berlin, Germany)* 2023;16:13-28.
109. Rocuzzo A, Morandini M, Stähli A, Imber JC, Sculean A, Salvi GE. 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;34:1073-1082.
110. 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* 2003;14:303-311.
111. 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* 2009;20:1278-1285.
112. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CH. A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: Fixed dental prostheses. *Clinical oral implants research* 2007;18:86-96.
113. Schierz O, Rauch A. Mit oder ohne Stift? *Dental Magazin* 2012;30:30-35.
114. Schmid E, Morandini M, Rocuzzo A, Ramseier CA, Sculean A, Salvi GE. Clinical and radiographic outcomes of implant-supported fixed dental prostheses with cantilever extension. A retrospective cohort study with a follow-up of at least 10 years. *Clinical oral implants research* 2020;31:1243-1252.

115. Schnaidt U, Kahlstorf M, Tschernitschek H. Vergleichende Untersuchung zur Verweildauer von Teilkronen-, Extensions- und Endpfilerbrücken. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2011;66:348-354.
116. Schrenker H. Kompromisse und Grenzen in der Prothetik. Bahlingen: *Splitta Verlag GmbH & Co KG* 2003.
117. Schwendicke F; Wurzelkaries - eine relevante Erkrankung gerade bei alten Patientinnen und Patienten: Risikofaktoren, Prävention und Therapie [aktualisiert am 27.05.2025] Link: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/de/news/zahnmedizin/parodontologie/wurzelkaries-eine-relevante-erkrankung-gerade-bei-alten-patientinnen-und-patienten>.
118. Sharma A, Rahul GR, Poduval ST, Shetty K. Assessment of various factors for feasibility of fixed cantilever bridge: a review study. *International Scholarly Research Network Dentistry* 2012;2012:1-7.
119. Stadler A. Der zahnlose Kiefer - implantologische Standardtherapien. *Zahnärzteblatt Sachsen* 2010;21:10-11.
120. Stähli A, Bassetti M, Salvi GE, Sculean A, Mericske-Stern R, Bassetti R. The surgical crown lengthening procedure in order to improve the biological width and esthetics. *Swiss Dental Journal SSO* 2015;125:577-595.
121. Stark H, Wolowski A, Ehmke B. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro): Nachsorgestrategien für Zahnersatz. *Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro)* 2011:306-311.
122. 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* 2018;29:253-274.
123. Strafela-Bastendorf N, Bastendorf KD. Die Bedeutung des Recalls in der Prävention. *Zeitschrift für Medien- und Kulturforschung (ZMK)* 2022;38:296-300.
124. Strub JR, Kern M, Türp JC, Witkowski S, Heydecke G, Wolfart S. Curriculum Prothetik: Band II. 4., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin: *Quintessenz Verlags-GmbH* 2011.
125. Sundh B, Odman P. A study of fixed prosthodontics performed at a university clinic 18 years after insertion. *The International Journal of Prosthodontics* 1997;10:513-519.
126. Talari K, Goyal M. Retrospective studies - utility and caveats. *The journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh* 2020;50:398-402.
127. Tipton P. Bridge design, part six: cantilever bridgework. *Restorative & Aesthetic Practice* 2000;2:108-111.
128. Vallittu PK, Vallittu AS, Lassila VP. Dental aesthetics-a survey of attitudes in different groups of patients. *Journal of dentistry* 1996;24:335-338.
129. Van der Bilt A. Assessment of mastication with implications for oral rehabilitation: a review. *Journal of oral rehabilitation* 2011;38:754-780.

130. Vilar A; Qualität des Knochens [aktualisiert am 12.02.2025] Link: <https://www.spotimplant.com/de/wissensbasis/klassifizierung-der-knochen/qualitat-des-knochens/>.
131. Vonesh EF, Schaubel DE, Hao W, Collins AJ. Statistical methods for comparing mortality among ESRD patients: Examples of regional/international variations. *Kidney International* 2000;57:19-27.
132. Weber T. Indikationsklassen: Qualitatives Knochenangebot. Memorix: Zahnmedizin. 4. Auflage. Italien: Thieme 2016.
133. Wolfart S, Harder S, Eschbach S, Lehmann F, Kern M. Four-year clinical results of fixed dental prostheses with zirconia substructures (Cercon): end abutments vs. cantilever design. *European journal of oral sciences* 2009;117:741-749.
134. Worni S, Schmidlin PR, Liu CC. Einfluss von Gender auf Parodontitis: Prävention, Prävalenz und Ätiologie in einer narrativen Übersicht. *Swiss dental journal* 2025;135:23-37.
135. Wöstmann B. Zahnersatz und Gesundheit bei Senioren. *Zahnärztliche Mitteilungen* 2003;9:44-46.
136. Xie X, Zhang Z, Zhou J, Deng F. Changes of dental anxiety, aesthetic perception and oral health-related quality of life related to influencing factors of patients' demographics after anterior implant treatment: a prospective study. *International journal of implant dentistry* 2023;9:1-8.
137. Xirocostas ZA, Everingham SE, Moles AT. The sex with the reduced sex chromosome dies earlier: a comparison across the tree of life. *Biology letters* 2020;16:1-6.
138. Yi SW, Ericsson I, Carlsson GE, Wennström JL. Long-term follow-up of cross-arch fixed partial dentures in patients with advanced periodontal destruction. Evaluation of the supporting tissues. *Acta odontologica Scandinavica* 1995;53:242-248.
139. Zaugg FL, Molinero-Mourelle P, Abou-Ayash S, Schimmel M, Brägger U, Wittneben JG. The influence of age and gender on perception of orofacial esthetics among laypersons in Switzerland. *The Journal of Esthetic and Restorative Dentistry* 2022;34:959-968.
140. Ziegler A, Lange S, Bender R. Survival analysis: Cox regression. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2007;132:42-44.
141. Ziegler A, Lange S, Bender R. Survival analysis: Log rank test. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2007;132:39-41.
142. Ziegler A, Lange S, Bender R. Survival analysis: Properties and Kaplan-Meier method. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2007;132:36-38.
143. Zitzmann NU. Die Folgen der Zahnlosigkeit für das Individuum. *Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift* 2004;59:617-625.
144. Zlatanovska K, Dimova C, Zarkova-Atanasova J, Korunoska-Stevkovska V, Gigovski N, Kocovski D. Oral hygiene in patients with fixed prosthodontic restorations. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 2020;21:83-89.

145. Zurdo J, Romão C, Wennström JL. Survival and complication rates of implant-supported fixed partial dentures with cantilevers: a systematic review. *Clinical oral implants research* 2009;20:59-66.

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. 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 an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

13 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, *Herrn Professor Dr. Peter Rehmann*, für die Überlassung des interessanten Dissertationsthemas sowie für die Möglichkeit, im Rahmen dieser Arbeit wissenschaftlich tätig sein zu dürfen. Für die stets motivierende Art, die fachliche Unterstützung und die stets offene Tür für Fragen und Anregungen bin ich ihm sehr dankbar.

Ebenso danke ich *Herrn Professor Dr. Bernd Wöstmann* für die Möglichkeit, diese Dissertation in seiner Abteilung als Teil des Teams anfertigen zu dürfen und für die freundliche Aufnahme in den Klinikalltag.

Mein herzlicher Dank gilt auch *Frau Dr. M.Sc. Katharina Mausbach* für die Anregung zu meinem Dissertationsthema, ihre Ratschläge und Korrekturen und ihre große Hilfsbereitschaft bei Rückfragen.

Dr. Johannes Herrmann danke ich für die freundliche Unterstützung bei der statistischen Analyse.

Herrn Dipl.-Ing. Michael Köhl danke ich für seine technische Unterstützung und seine Bereitschaft, bei auftretenden Problemen schnell und zuverlässig zu helfen.

Ein großes Dankeschön geht auch an meine lieben Kolleginnen und Kollegen der Abteilung, die mir durch ihre moralische Unterstützung und ihren Zuspruch stets den Rücken gestärkt haben.

Abschließend möchte ich meinen Freunden und meiner Familie danken, die mir mit Geduld, Verständnis und Ermutigung zur Seite standen, nicht nur während der Arbeit an der Dissertation, sondern auch darüber hinaus.

14 Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus Datenschutzgründen entfernt.