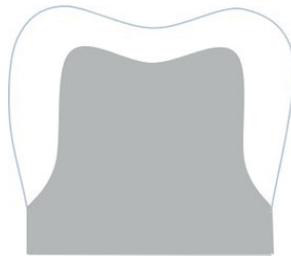




Klinische Bewährung von Einzelzahnkronen
auf natürlichen Pfeilerzähnen unter besonderer
Berücksichtigung möglicher modellierender Faktoren



INAUGURALDISSERTATION

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



Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt.

Die rechtliche Verantwortung für den gesamten Inhalt dieses Buches liegt ausschließlich bei dem Autoren dieses Werkes.

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

1. Auflage 2021

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

1st Edition 2021

© 2021 by VVB LAUFERSWEILER VERLAG, Giessen
Printed in Germany



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

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

www.doktorverlag.de

**Klinische Bewährung von
Einzelzahnkronen auf natürlichen
Pfeilerzähnen unter besonderer Berücksichtigung
möglicher modellierender Faktoren**

INAUGURALDISSERTATION

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

vorgelegt von

Obst, Aliena

aus Alsfeld

Gießen 2020

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik,
unter der Leitung von Prof. Dr. Bernd Wöstmann,
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Peter Rehmann

Gutachter: Prof. Dr. Jan-Frederik Güth

Betreuerin: Dr. Maximiliane Schlenz

Tag der Disputation: 08.07.2021

Meinen lieben Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Ziel der Arbeit.....	6
3	Literaturübersicht.....	7
3.1	Herstellungsverfahren.....	7
3.2	Restaurationsmaterialien.....	10
3.2.1	Metalle.....	11
3.2.2	Keramiken.....	12
3.2.3	Polymere.....	15
3.3	Klinische Bewährung von Einzelzahnkronen in der Literatur.....	17
3.3.1	Suchstrategie.....	17
3.3.2	Publizierte Überlebenszeitanalysen von Einzelzahnkronen.....	19
3.4	Komplikationen von Einzelzahnkronen.....	32
3.4.1	Retentionsverlust.....	32
3.4.2	Randschlussmängel.....	33
3.4.3	Verblendfraktur/Chipping.....	33
3.4.4	Komplette Fraktur/Total Failure.....	33
3.4.5	Parodontale Beschwerden.....	34
3.4.6	Endodontische Behandlung.....	34
3.4.7	Pfeilerfraktur.....	34
3.4.8	Karies.....	35
3.4.9	Persistierender Dolor.....	35
3.4.10	Extraktion und prothetische Neu- oder Umplanung.....	35

4	Material und Methode.....	36
4.1	Rahmenbedingungen und Studienpopulation	36
4.2	Datengewinnung	39
4.3	Statistische Auswertung.....	40
5	Ergebnisse	42
5.1	Klinische Bewahrung von Einzelzahnkronen.....	42
5.1.1	Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis Neuanfertigung	44
5.1.2	Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis erste Maßnahme	66
5.1.3	Cox-Regression	88
5.2	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	88
6	Diskussion.....	90
6.1	Methodenkritik.....	90
6.2	Ergebniskritik.....	94
6.2.1	Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis Neuanfertigung	94
6.2.2	Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis erste Maßnahme	103
6.2.3	Gründe für eine Neuanfertigung bzw. erste Maßnahme	105
6.3	Schlussfolgerung und klinische Relevanz	113
7	Zusammenfassung	114
8	Summary	116
9	Darstellungsverzeichnis	118
9.1	Abbildungsverzeichnis.....	118
9.2	Tabellenverzeichnis	122

10 Literaturverzeichnis	125
11 Erklärung	142
12 Danksagung	143
13 Lebenslauf.....	144

*In der vorliegenden Arbeit schließt die männliche Bezeichnung aller Personen die weibliche mit ein.

1 Einleitung

In der Zahnmedizin stellt die Einzelzahnkrone die kleinste prothetische Einheit des fest-sitzenden Zahnersatzes dar.¹³⁶ Sie ist indiziert, wenn ein Zahnhartsubstanzdefekt, gleichwohl ob dieser durch ein Trauma, Karies, Attrition, Abrasion oder Erosion entstanden ist, aufgrund seiner Defektgröße nicht mehr ausreichend durch konservierende Maßnahmen - direkte oder indirekte Füllung - versorgt werden kann.^{98, 119, 136, 189, 198, 199} Die Überkronung des Zahnes dient als Schutz vor weiteren Zahnhartsubstanzverlusten^{35, 189} sowie der ästhetischen²⁰⁶ und kaufunktionellen²⁰⁷ Rehabilitation.

Dem Zahnarzt stehen dazu unterschiedliche Restaurationsmaterialien sowie verschiedenen Herstellungsverfahren zur Verfügung.

Das handwerkliche Gussverfahren der Zahntechnik beschreibt die traditionelle Vorgehensweise zur Herstellung von metallbasierten Kronen,⁹⁷ welche in Kombination mit einer keramischen Verblendung den Goldstandard darstellen.^{40, 54, 68, 229, 238}

Angepasst an die wachsenden ästhetischen Ansprüche der Zahnmedizin hat auch die Materialentwicklung im Bereich des Dentalmarkts in den letzten Jahrzehnten Fortschritte verzeichnet.¹⁶⁵ Technische Innovationen sowie verbesserte Herstellungsverfahren, wie etwa die Einführung der computer aided design/computer aided manufacturing¹⁹⁶ (CAD/CAM)-Technologie, leiteten das Zeitalter der digitalen Zahnheilkunde ein und versprachen Qualitäts- und Effektivitätssteigerungen.^{10, 109, 125, 202} Durch computergestützte Arbeitsverfahren nahmen neue, ästhetisch ansprechende Werkstoffgruppen, wie etwa Zirkoniumdioxidkeramiken und industriell gehärtete Keramik-Kunststoff-Fräsblöcke, Einzug in die moderne Zahnheilkunde.¹⁹⁶ Der bewährten keramisch verblendeten Metallkrone traten neue monolithische, d.h. aus einem Stück gefertigte, Konzepte entgegen. Als minimal invasive Alternative sollen diese den Zahnhartsubstanzabtrag reduzieren sowie Chipping (Abplatzung der Verblendung), eine der häufigsten Komplikationen von Einzelzahnkronen,^{8, 28, 38, 83, 144, 160, 168, 197} vermeiden.¹¹³

Der derzeitige Dentalmarkt bietet demnach eine Vielzahl an Einzelzahnkronenkonzepten für die definitive Versorgung von natürlichen Pfeilerzähnen. Als Entscheidungshilfe für eine indikationsgerechte und patientenbezogene Auswahl eines dieser Konzepte

können unter anderem klinische Daten aus Beobachtungsstudien sehr hilfreich sein. Hierbei kann die Überlebensrate, d.h. die Funktionsperiode unter Praxisbedingung, als ein aussagekräftiges Erfolgskriterium angewandt werden.¹⁰⁶ Dabei stellt sich zusätzlich die Frage, durch welche möglichen Faktoren die klinische Bewährung einer Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen beeinflusst werden kann.

In Hinblick auf die aktuelle Entwicklung der Dentalbranche sollten deshalb in der vorliegenden Arbeit neben der Überlebensrate bei den möglichen modellierenden Faktoren der Einfluss der „Ausführungsart“ und der des „Werkstoffs“ mitberücksichtigt werden.

2 Ziel der Arbeit

Anhand eines gesammelten Patientenkollektivs der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen im Zeitraum von 2004 bis 2020 sollten Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen möglichen Einflussfaktoren erlangt werden, welche die klinische Bewährung einer Einzelzahnkrone in situ beeinflussen.

Dabei wurden folgende modellierende Faktoren berücksichtigt:

- Patientenalter
- Patientengeschlecht
- Kiefer
- Lokalisation innerhalb des Kiefers
- Ausführungsart
- Werkstoff
- Befestigung
- Stiftversorgung
- Stiftwerkstoff
- Gegenkieferbezahnung

Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, die klinische Bewährung von Einzelzahnkronen in Abhängigkeit von unterschiedlichen möglichen modellierenden Faktoren zu untersuchen.

3 Literaturübersicht

Im Rahmen der klinischen Forschung von Einzelzahnkronen ist ein Verständnis über die Herstellung und unterschiedlichen Ausführungsmöglichkeiten der Restauraionsart als Grundwissen hilfreich. Das folgende Kapitel bietet daher eine Übersicht über die verschiedenen Herstellungsverfahren von Einzelzahnkronen sowie die zur Verfügung stehenden Restauraionsmaterialien.

3.1 Herstellungsverfahren

Die Herstellung einer Einzelzahnkrone erfolgt im Anschluss an die Präparation des Zahnes und kann nicht direkt durch den Zahnarzt im Patientenmund erfolgen.²⁴⁹ Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die patientenspezifische intraorale Situation detailgetreu zu erfassen und auf einem konventionellen oder digitalen Modell wiederzugeben. Das dreidimensionale Modell dient als Basis zur Herstellung der Einzelzahnkronen.^{178, 248} Dadurch kommt der sogenannten Abformung als entscheidendes Informationstransportmedium eine wichtige Bedeutung im Rahmen der zahnärztlich-prothetischen Behandlung zu.¹⁷⁶

Dabei kann heute bei der Herstellung von Einzelzahnkronen zwischen einem konventionellen sowie einem digitalen Herstellungsverfahren unterschieden werden (Abb. 3.1).

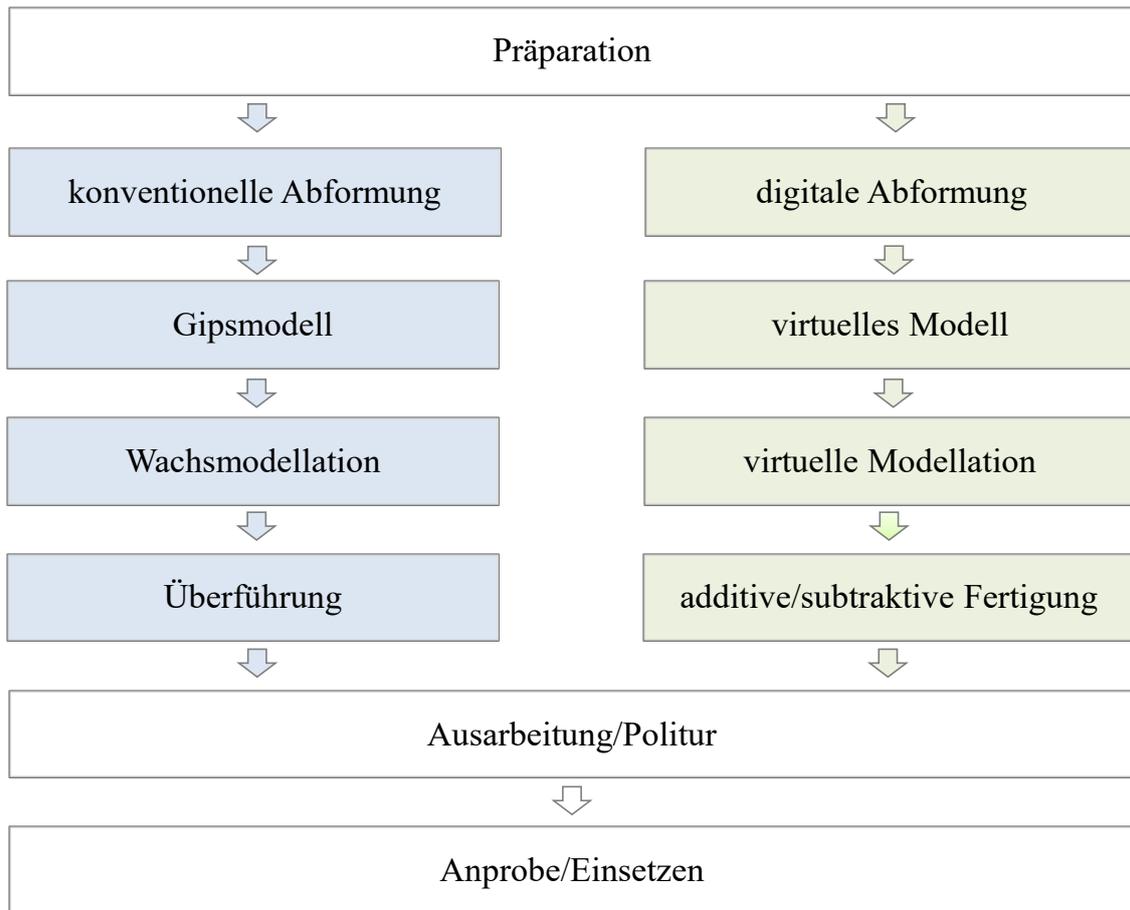


Abb. 3.1 Konventionelles (blau) und digitales (grün) Herstellungsverfahren

Bei dem *konventionellen* Herstellungsverfahren werden intraorale Hart- und Weichgewebsstrukturen mittels konventioneller Abformung erfasst. Diese besteht aus einer plastisch verformbaren Abformmasse auf einem Abformlöffel und wird anschließend an den Zahntechniker weitergeleitet. Dort erfolgt die Überführung der Abformung in ein Gipsmodell, worauf später der Zahnersatz zunächst in Wachs modelliert und anschließend in den entsprechend gewünschten Werkstoff überführt wird. Nachdem die Einzelzahnkrone im Zahntechniklabor ausgearbeitet wurde, erfolgt im letzten Schritt die Anprobe und das definitive Einsetzen wieder durch den Zahnarzt.^{136, 143}

Demgegenüber steht das aufgrund des technologischen Fortschritts zunehmend an Bedeutung gewinnende *digitale* Herstellungsverfahren.¹⁸¹ Die Einführung der CAD/CAM-Technologie markierte dabei den entscheidenden Durchbruch.⁸⁸ Bestehend aus einer Abfolge aus digitalen Prozessen wird dieser in seiner Gesamtheit auch als „digital Workflow“ bezeichnet.²⁵⁷ Einzelzahnkronen erlauben bereits heute einen kompletten digitalen Workflow.

Hierbei erfolgt im ersten Schritt ein Intraoralscan der Präparation im Patientenmund zur Erstellung eines virtuellen Modells.¹² Im weiteren Vorgehen wird auf Grundlage des virtuellen Modells eine Modellation der Einzelzahnkrone durch eine spezielle CAD-Software vorgenommen. Um den virtuellen Datensatz in einen „numerical controlled“ (NC) lesbaren Datensatz zu verwandeln, ist eine CAM-Software notwendig. Über diese wiederum können additive bzw. subtraktive Fertigungen gesteuert werden.²⁵⁷ Extrusion, Polymerisation und pulvergebundene Systeme zählen zu den drei Verfahrenstypen der additiven Fertigung, während mittels Schleif- bzw. Fräsmaschinen die subtraktive Herstellung von Einzelzahnkronen erfolgt.²⁵⁷

Befinden sich alle Komponenten des CAD/CAM-Systems in der Zahnarztpraxis, erfolgt die Fertigung über das sogenannte *chairside*-Verfahren direkt Vorort. Dies ist somit nur über das Vorhandensein einer „in-office“ Schleifmaschine realisierbar.²⁵⁷ Die Möglichkeit der Herstellung von Sofortersatz am Zahnarztstuhl in nur einer Sitzung ermöglicht eine Zeitersparnis und findet zunehmend Anwendung in der Zahnarztpraxis.^{145, 175, 195}

Daneben kann die Herstellung einer Einzelzahnkrone aber auch *labside* erfolgen. Kennzeichnend für diese Verfahrensart ist Auslagerung von einzelnen Komponenten des digitalen Workflows an ein Dentallabor oder industrielles Fräszentrum.^{10, 225} Die Möglichkeiten dabei sind vielfältig, so kann beispielsweise die Abformung digital in Form eines Intraoralscans oder konventionell mit Abformmasse weitergegeben werden, damit die virtuelle Modellation (CAD) bis hin zur Fertigung (CAM) extern erfolgen kann.

Im Vergleich zu dem konventionellen Herstellungsprozess zeichnen sich CAD/CAM-Systeme nicht nur durch geringere Produktionskosten, sondern auch durch kürzere Fertigungszeiten aus. Herkömmliche zahntechnische Fertigungsverfahren, wie etwa die Überführung der Wachsmodellation in ein Werkstück, entfallen.^{53, 122} Bezüglich der internen und marginalen Passung, dem sogenannten Randschluss, konnten digital gefertigte Einzelkronen auf Zähnen vergleichbare oder bessere Ergebnisse als bei konventionellen Herstellungsverfahren erzielen.^{14, 18, 148, 224} Ein weiterer Vorteil liegt in der Verarbeitung von Werkstoffen, wie etwa Zirkoniumdioxid oder auch industriell gehärteten Keramik-Komposit-Blöcken, welche der traditionellen Zahntechnik bislang verwehrt blieben.¹⁹⁶

3.2 Restaurationsmaterialien

Heutzutage stehen unterschiedliche Restaurationsmaterialien für die definitive Versorgung einer Einzelzahnkrone auf dem natürlichen Zahnstumpf zur Verfügung. Diese reichen von metallischen Werkstoffen über Keramiken bis hin zu polymerbasierten Materialien.

Einzelzahnkronen können entweder als Schichtverbundsystem (Kombination zweier Materialien) oder monolithisch, d.h. aus einem Stück, hergestellt werden. Dabei besteht das Schichtverbundsystem aus einem stabilen Unterbau (Metalllegierung oder Keramik), welches als *Gerüst* dient und mit einer optisch ansprechenden, zahnfarbenen Ummantelung, der sogenannten *Verblendung* (Keramik oder Kunststoff), versehen wird (Abb. 3.2).¹⁸⁸ Unterschieden werden teilverblendete und vollverblendete Einzelzahnkronen.²¹⁹ Monolithische Kronen hingegen weisen keine Verblendung auf (Abb. 3.3).⁹⁷

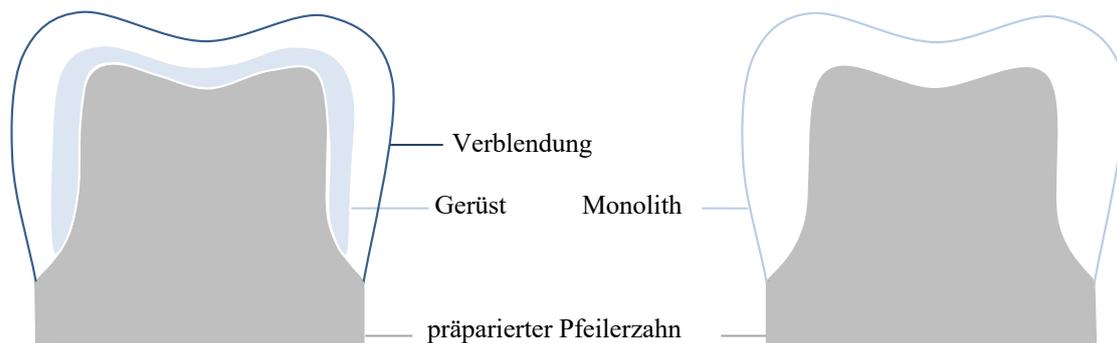


Abb. 3.2 Schichtverbundsystem

Abb. 3.3 Monolithische Krone

Der klinische Einsatz der Materialklassen ist aufgrund ihrer unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften indikationsabhängig. Heute stehen insgesamt drei Materialklassen zur definitiven Versorgung von Einzelzahnkronen zur Verfügung: Metalle, Keramiken und Polymere, welche im Folgenden näher erläutert werden.

3.2.1 *Metalle*

Hinsichtlich ihrer bewährten Dauerhaftigkeit repräsentieren Metalle den Goldstandard für Einzelzahnkronen, an dem sich neuere Werkstoffklassen, wie etwa Keramiken (siehe Kapitel 3.2.2) oder auch Polymere (siehe Kapitel 3.2.3), bewähren müssen.^{3, 40, 41, 187, 238}

Für den klinischen Einsatz im Bereich der Zahnheilkunde werden unterschiedliche Metalle kombiniert. Dieser Werkstoff wird dann als Legierung bezeichnet.²¹⁹ Dabei lassen sich die im Bereich des festsitzenden Zahnersatzes gebräuchlichen Legierungen entsprechend ihrem Hauptbestandteil, welcher primär die chemischen und mechanischen Eigenschaften bestimmt, in Edelmetall (EM-) Legierungen und edelmetallfreie (EMF-) bzw. Nichtedelmetall (NEM-) Legierungen einteilen.²⁵⁷ Zu den in der Zahnheilkunde verwendeten EM-Legierungen zählen Legierungen auf Gold-, Palladium- und Silberbasis. Demgegenüber stehen die zwei großen Gruppen der NEM-Legierungen: die NiCr- und die CoCr-Legierungen.²¹⁷

Legierungen weisen aufgrund ihrer guten mechanischen Eigenschaften, wie etwa einer hohen Elastizität und Plastizität¹⁸⁸ sowie einer guten Passgenauigkeit,¹⁷³ ein breites Indikationsspektrum auf. Insbesondere Edelmetalllegierungen zählen aufgrund ihrer Duktilität zu einer zuverlässigen und langbewährten Werkstoffklasse von Einzelzahnkronen. Dabei können entstehende Spannungen an einer Rissspitze durch plastische Deformationen abgebaut werden.¹⁸⁸ Trotz aktueller Entwicklung des Dentalmarkts, auf dem die Nachfrage nach metallfreiem Zahnersatz gestiegen ist, zählen Metalle daher nach wie vor zu einer unverzichtbaren Materialgruppe.^{188, 238, 257}

Der Metallguss beschreibt das heute noch gebräuchlichste konventionelle Herstellungsverfahren von Metallkronen und fand bereits vor mehreren tausenden Jahren Anwendung.²¹⁷ Die bereits in Kapitel 3.1 erwähnten additiven (Lasersinterverfahren) und subtraktiven (Fräsverfahren) CAD/CAM-Verfahren aus industriell vorgefertigten Blöcken zur Herstellung von metallischen Kronen wurden erstmals Ende des 20. bzw. Anfang des 21. Jahrhunderts beschrieben.²¹⁸

Im Bereich des festsitzenden Zahnersatzes werden Metalle überwiegend zur Herstellung von monolithischen Kronen (Vollgusskronen) oder Metallgerüsten verwendet. Im Allgemeinen kann das hergestellte Metallgerüst im Anschluss mit Keramik oder Kunststoff

verblendet werden. Vorteilhaft dabei ist die neben einer mechanischen Belastbarkeit erzielte Ästhetik der Einzelzahnrestauration.¹⁴¹

Die klinische Datenlage zu Überlebensraten dieser Werkstoffklasse (siehe Kapitel 3.3.2) ist aufgrund des langjährigen Einsatzes der Metalle umfassend.⁶⁸ So konnte z.B. *Walton*²³⁸ in einer umfangreichen Überlebenszeitanalyse eine Überlebensrate von 85,4% für keramisch verblendete Edelmetalleinzelzahnkronen nach einem Beobachtungszeitraum von 25 Jahren aufzeigen.²³⁸

3.2.2 Keramiken

Keramiken sind abrasionsstabil,¹⁹¹ zeichnen sich durch lichtleitende und lichtbrechende Eigenschaften¹²³ aus und besitzen eine hervorragende Biokompatibilität.^{5, 92} Damit repräsentieren sie eine Werkstoffklasse, die in ihren Eigenschaften den natürlichen Zähnen am nächsten steht.¹²³

Diese materialimmanenten Vorteile lassen Keramiken innerhalb der modernen Zahnmedizin, die sich durch das Bestreben nach ästhetischen Restaurationen auszeichnet, zunehmend an Bedeutung gewinnen. Ihr größter werkstoffkundlicher Nachteil ist zugleich kennzeichnende Eigenschaft der Keramiken: ihre Sprödigkeit.¹²³ Ursächlich dafür ist das Vorliegen einer kovalent-ionischen Mischbindung als atomare Bindungsstruktur, welche keine plastische Verformung, wie etwa bei Metallen (siehe Kapitel 3.2.1), zulässt.^{169, 188} Sie reagieren empfindlich auf Zugspannungen, sind jedoch hochdruck-belastbar.^{25, 97, 252}

Dentale Keramiken können hinsichtlich ihres Verarbeitungsprozess (Gießen, Fräsen, Sintern, Pressen), ihrer Herstellungsart (monolithisch, Verblend- oder Gerüstkeramik) sowie ihrer werkstoffkundlichen Zusammensetzung eingeteilt werden. Eine grundlegende und für die Zahnmedizin bereits etablierte Einteilung derjenigen Keramiken, die derzeit den Dentalmarkt dominieren, ist die nach ihrer werkstoffkundlichen Zusammensetzung (Abb. 3.4).¹²³

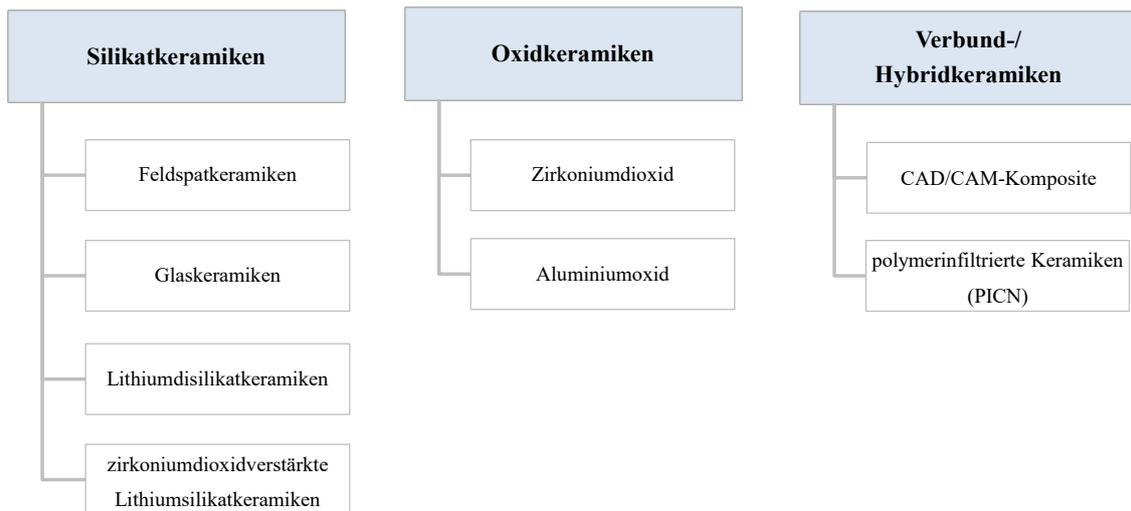


Abb. 3.4 Übersicht dentaler Keramiken (modifiziert nach *Lohbauer et al.*¹²³)

Im Allgemeinen basieren *Silikatkeramiken* auf einer Glasmatrix mit eingelagerten Kristallen.¹⁴⁰ Sie besitzen eine sehr gute optische Eigenschaft und sind daher als Restaurationswerkstoff in ästhetisch sichtbaren Regionen, wie etwa dem Frontzahnbereich, geeignet.^{38, 188}

Herkömmliche Feldspatkeramiken erfüllen höchst ästhetische Ansprüche, werden jedoch aufgrund der geringen Biegefestigkeit nur noch als Verblendkeramik im Zusammenhang mit Metall- oder Keramikgerüsten eingesetzt.¹²³

Das Bestreben nach einer hohen Bruchzähigkeit unter gleichzeitigem Vorhandensein eines hohen Maßes an Transluzenz erforderte eine kontinuierliche Weiterentwicklung der Dentalkeramikkategorie.⁶⁸ Mit der Einführung von Lithiumdisilikatkeramiken erweiterte sich das Indikationsspektrum von Silikatkeramiken auf den Seitenzahnbereich.^{32, 85, 95, 157} Dabei sind gute Überlebenszeiten für vollkeramisch verblendete Seitenzahnkronen von 95,5% nach einem Beobachtungszeitraum von zehn Jahren beschrieben.²²⁸ Auch die kürzlich veröffentlichten Überlebensraten von 95,0% für monolithische Lithiumdisilikatkeramiken nach einem Beobachtungszeitraum von vier Jahren sind vergleichbar mit Überlebensraten metallkeramischer Versorgungen.^{4, 238}

Neuste Lithiumsilikatkeramiken, angereichert mit 10 Gew.-% Zirkonoxidkristalliten, zeigten im Vergleich eine höhere Biegefestigkeit, Bruchzähigkeit und Härte sowie ein höheres Elastizitätsmodul als Lithiumdisilikatkeramiken.⁴⁷ Langzeitergebnisse von Überlebensraten liegen jedoch derzeit hierzu nicht vor.

Demgegenüber stehen die *Oxidkeramiken*, deren Gebrauch sich im Bereich von festsitzendem Zahnersatz fast ausschließlich auf die Verwendung von Aluminiumoxid (Al_2O_3) und Zirkoniumdioxid (ZrO_2) beschränkt.¹⁸⁸

Aufgrund des geringen bzw. fehlenden Anteils einer Glasphase¹²¹ und einer damit einhergehenden hohen mechanischen Festigkeit begrenzte sich der Indikationsbereich von Oxidkeramiken anfänglich auf die Verwendung als Gerüstmaterial für Einzelzahnkronen.^{123, 193} Das weiße bis opake Erscheinungsbild erfüllt nur unzureichend den hohen ästhetischen Anspruch, weshalb in der Regel eine Verblendung mit einer Glaskeramik erfolgt.¹ Insbesondere in Schichttechnik verblendete Vollkeramikrestorationen zeigen klinisch häufig eine kohäsive Verblendfraktur (Chipping).^{117, 190} Für verblendete Zirkoniumdioxidkronen sind Überlebensraten von 88,8% und 100% nach einem Beobachtungszeitraum von 58,7 bis 60 Monaten bekannt.^{40, 160}

Die historische Materialentwicklung innerhalb der einzelnen Generationen des Zirkoniumdioxids zeigt, dass dem Wunsch nach einer verbesserten Ästhetik durch fortwährende Materialoptimierung sowie wachsende klinische Erfahrungen nachgegangen werden konnte. So konnten jüngste Änderungen der Zusammensetzung, Struktur und Herstellungsverfahren zu einem monolithischen Zirkoniumdioxid führen. Mit verbesserten ästhetischen Eigenschaften auf Kosten einer verringerten mechanischen Festigkeit sollten Chipping-Problematiken künftig vermieden werden.^{46, 114, 150, 184, 251}

Dabei unterscheiden sich die einzelnen Generationen hauptsächlich durch den Anteil an Aluminiumoxid und Yttriumoxid.²¹⁴ Bei der ersten Generation handelt es sich um Ytria-tetragonal-zirconia-polycrystals (Y-TZP)-Zirkoniumdioxid⁶⁶ mit 3 mol-% Yttriumoxid (3Y-TZP-Zirkoniumdioxid). Innerhalb der zweiten Generation konnte durch Umpositionierung der Aluminiumoxidkörner des 3Y-TZP Zirkoniumdioxids, bei gleichbleibend guter Langzeitstabilität und Festigkeit, eine höhere Transmission des Lichts erreicht werden.²¹⁵ Dennoch zeigte diese Weiterentwicklung eine ästhetische Unterlegenheit im Vergleich zu Glaskeramiken, was schließlich zur dritten Generation des Zirkoniumdioxids führte. Damit die Materialgruppe monolithisch verwendet werden kann erfolgte hierbei die Erhöhung des Yttriumoxidgehalts auf 5 mol-% bei Beibehaltung der geringen Aluminiumdotierung.²¹⁴ Schließlich konnte mit der vierten Generation eine verbesserte mechanische Festigkeit erreicht werden. Diese zeichnet sich durch einen reduzierten Yttriumoxidgehalt von 4 mol-% und kombiniert die gewünschte Transluzenz mit einer ausreichenden Biegefestigkeit.²¹⁵ Aufgrund der erst vor kurzem

erfolgten Einführung auf dem Dentalmarkt sind nur geringfügige wissenschaftliche Erkenntnisse bezüglich der Beständigkeit vorhanden. Dabei verweisen aktuelle Kurzzeitstudien auf Überlebenszeiten von 100% nach einem Beobachtungszeitraum von 12 Monaten.¹⁶⁶

Weiterhin sind die der *Verbund-/Hybridkeramik* angehörigen CAD/CAM-Komposite sowie polymerinfiltrierten Keramiken (PICN) zu nennen, welche aus Gründen der werkstoffkundlichen Zusammensetzung korrekterweise in Kapitel 3.2.3 behandelt werden.

3.2.3 Polymere

Die Anwendung von Polymeren als definitives Restaurationsmaterial wurde mit Einführung neuer Verfahrensmöglichkeiten im Bereich der industriellen Polymerisation geschaffen.²¹⁶ Die hierbei entstandenen Verbund- bzw. Hybridwerkstoffe bestehen aus einer Kombination von mindestens zwei Komponenten, welche unterschiedliche werkstoffkundliche Eigenschaften aufweisen.¹⁵

Anhand der Mikrostruktur sowie ihrer industriellen Polymerisation können zwei Gruppen von Verbundwerkstoffen unterschieden werden: CAD/CAM-Komposite und polymerinfiltrierte Keramiken (PICN).²¹²

Unter den *CAD/CAM-Kompositen* werden Hochleistungskomposite, bestehend aus einer polymerisierten Methacrylat-Matrix in Kombination mit Glas- oder Keramikfüllern, verstanden.¹⁵ Die industrielle Polymerisation und der höhere Füllstoffgehalt sorgen für verbesserte mechanische Eigenschaften im Vergleich zu herkömmlichen Kompositen und ermöglichen den Einsatz als definitive Einzelzahnversorgung.^{9, 15, 182, 242} Dennoch unterliegen sie hinsichtlich der Biegefestigkeit herkömmlichen Dentalkeramiken.¹⁵⁶

*Zimmermann et al.*²⁵⁸ konnten in einer klinischen Untersuchung von Teilkronen aus *Lava Ultimate* (3M Espe, Seefeld, Deutschland) Erfolgsraten von 95,0% nach 12 Monaten und 85,7% nach 24 Monaten aufzeigen. Daten zur klinischen Langzeitbewährung von Einzelzahnkronen aus CAD/CAM-Kompositen liegen jedoch aufgrund der kurzen Anwendungszeit bisher noch nicht vor.^{153, 188}

Demgegenüber steht die Werkstoffgruppe der *polymerinfiltrierten Keramiken* (PICN). Erstmals eingeführt durch Vita Zahnfabrik (Bad Säckingen, Deutschland) mit *Vita Enamic*²⁵⁰ beschreiben diese einen neuartigen Werkstoff. Hierbei sollen die jeweiligen positiven Werkstoffklasseneigenschaften von Keramiken (anorganisch) und Kunststoffen (organisch) in einem Hybrid vereint werden.^{31, 123, 183, 221} Das Ergebnis ist eine Kombination aus einer keramischen Gerüststruktur und einer Polymermischung aus Triethylenglykoldimethacrylat (TEGDMA) und Urethandimethacrylat (UDMA).^{128, 221} Die polymerinfiltrierte Keramiknetzwerkstruktur steht in ihren physikalischen Eigenschaften dem natürlichen Zahn nahe.²⁸ *Vita Enamic* ist zudem weniger spröde als herkömmliche Dentalkeramiken (siehe Kapitel 3.2.2) und kann die Ausbreitung von Rissen innerhalb des Materials begrenzen.²⁸ Die duale Netzwerkstruktur besitzt jedoch eine geringere Härte,¹¹⁸ ein geringeres Elastizitätsmodul⁹ und zeigt schlechtere Ergebnisse hinsichtlich der Biegefestigkeit^{74, 78, 146} im Vergleich zu hochfesten Glaskeramiken. Demnach scheinen Hybridkeramiken aufgrund ihres Eigenschaftsprofils im Rahmen der zahnmedizinischen Versorgung von natürlichen Pfeilerzähnen derzeit für kleinere indirekte Versorgungen (Inlays, Onlays, Teilkronen und Veneers) sowie Einzelzahnkronen indiziert zu sein.¹⁸³ Die aktuelle klinische Versorgungsforschung bietet kürzlich veröffentlichte Überlebensraten von 93,9% für Einzelzahnkronen aus der Hybridkeramik *Vita Enamic* nach einer mittleren Beobachtungsdauer von drei Jahren.²¹²

3.3 Klinische Bewährung von Einzelzahnkronen in der Literatur

In der folgenden Literaturübersicht soll der aktuelle Stand der zahnärztlich-prothetischen Versorgungsforschung bezüglich der klinischen Bewährung von Einzelzahnkronen in der wissenschaftlichen Literatur dargestellt werden. Dabei werden zunächst die Suchstrategie und das Vorgehen der strukturierten Literaturrecherche erläutert. Im Anschluss erfolgt eine tabellarische Auflistung der aktuellen Studienlagen.

3.3.1 *Suchstrategie*

Es erfolgte eine strukturierte Literaturrecherche mit Hilfe der Meta-Datenbank PubMed. Dabei wurde folgende Suchstrategie verfolgt:

- (single tooth crown OR single crown OR FDP) AND (dental OR dentistry) AND (prosthodontics OR prosthodontics)
- NOT partial crown*
- NOT double crown*
- NOT bridge *
- NOT implant*
- NOT adhesive bridge*
- NOT prothese*
- NOT composite restoration*
- NOT (class I OR II OR III OR IV restoration)
- NOT amalgam* NOT endodontic*
- NOT root canal*
- NOT veneer*
- NOT inlay*
- NOT orthodontics*
- NOT in vitro*
- NOT provision*
- NOT case series*

Daraus resultierten 102 Literaturstellen, die im Original gesichtet wurden. Die digitale Literaturrecherche wurde durch eine Handsuche in folgenden zahnmedizinischen Zeitschriften vervollständigt:

- DZZ – Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift (Dtsch Zahnärztl Z)
- Quintessenz der zahnärztlichen Literatur (Quintessence)
- Schweizer Monatsschrift für Zahnmedizin (Schweiz Monatsschr Zahnmed)
- Zahnmedizin up2date
- ZM – Zahnärztliche Mitteilungen (Zahnärztl Mitt)
- ZWR – Das deutsche Zahnärzteblatt (ZWR)

Hierbei konnten zusätzlich 16 relevante Publikationen identifiziert werden. Insgesamt wurden demnach 118 Publikationen in der vorliegenden Literaturübersicht berücksichtigt (Abb. 3.5).

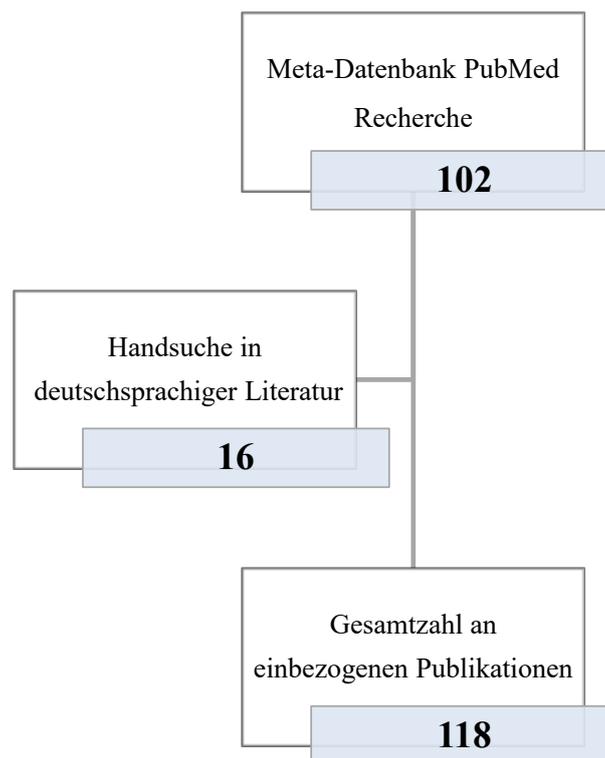


Abb. 3.5 Suchstrategie der Literaturrecherche

3.3.2 *Publizierte Überlebenszeitanalysen von Einzelzahnkronen*

Wie bereits erwähnt, kann die klinische Bewährung als ein aussagekräftiges Erfolgskriterium zur Bewertung von prothetischen Therapiemitteln verwendet werden.¹⁰⁶ Aus der direkten Gegenüberstellung publizierter Überlebenszeitanalysen lassen sich demnach wichtige klinische Erkenntnisse zur erfolgsversprechenden Patientenbehandlung ziehen. Dabei ist heutzutage neben den herkömmlichen und lang bewährten metallischen Vollgusskronen und Keramikverblendkronen als Referenz auch der Vergleich zu neueren monolithischen oder mehrschichtigen Vollkeramikronen sowie speziell die CAD/CAM-Herstellung interessant.

Im Rahmen einer durchgeführten Literaturrecherche zu Überlebenszeiten von Einzelzahnkronen wurden alle wissenschaftlichen Literaturquellen chronologisch nach dem Publikationsjahr geordnet und folgende Daten systematisch herausgearbeitet:

- Anzahl der Patienten (P)
- Anzahl der Einzelzahnkronen (K)
- Werkstoff (Metall, Oxidkeramik, Silikatkeramik, Polymer)
- Ausführungsart (monolithisch oder verblendet)
- Herstellungsverfahren (konventionell oder CAD/CAM-Fertigung)
- Beobachtungszeitraum (in Jahren)
- Überlebensrate (in Prozent)
- Statistikmethodik (Kaplan-Meier, Life-Table, Quotientenbildung, rein deskriptiv)

Bezüglich der Parameter „Ausführungsart“ und „Herstellungsverfahren“ wurde im Vorfeld eine Farbcodierung festgelegt (Tab.3-1).

Tab. 3-1 Farbcodierung entsprechend der Ausführungsart und des Herstellungsverfahrens

Ausführungsart	Herstellungsverfahren	Farbcodierung
monolithisch	CAD/CAM- Fertigung	
	CAD/CAM- vs. konventionelle Fertigung	
	konventionelle Fertigung	
monolithisch vs. verblendet	CAD/CAM- Fertigung	
	CAD/CAM- vs. konventionelle Fertigung	
	konventionelle Fertigung	
verblendet	CAD/CAM- Fertigung	
	CAD/CAM vs. konventionelle Fertigung	
	konventionelle Fertigung	

Es sei darauf hingewiesen, dass fehlende Werte innerhalb der Tabelle (Tab. 3-2) darauf zurückzuführen sind, dass diese der jeweiligen Studie nicht zu entnehmen waren. Entsprechend wurde dies mit „keine Angabe“ (k.A.) gekennzeichnet. Übersichtshalber sei zunächst eine kurze Zusammenfassung vorangestellt.

Die in der Literatur angegebenen 5-Jahres-Überlebensraten für konventionelle Einzelzahnkronen aus *Metall* liegen zwischen 76% und 100%^{6, 7, 21, 50, 51, 106, 103, 112, 124, 133, 135, 144, 160, 168, 185, 199, 227, 232, 246} und zwischen 62% und 97%^{7, 21, 50, 87, 106, 103, 112, 199, 227, 235-238} für 10 Jahre. Weiterhin wird von 15-Jahres-Überlebensraten im Bereich von 50% bis 84% berichtet.^{50, 106, 231} Für die Überlebenswahrscheinlichkeit nach 20 Jahren werden Werte von 70% bis 92% angegeben.^{162, 180, 210} Eine Literaturquelle zeigt 25-Jahres-Überlebensraten von 84% auf, während eine anderen von 50% nach 26 Jahren berichtet.^{81, 238}

Für vollkeramische Kronen aus *Silikatkeramik* sind 5- bzw. 10-Jahres-Überlebensraten zwischen 73% und 100%^{51, 68, 209, 220, 223, 246} bzw. 82% und 96%^{174, 223, 228} dokumentiert. Darüber hinaus postulieren einige wenige Literaturquellen 11-Jahres-Überlebensraten von 95,2% und 12-Jahres-Überlebensraten von 90,3%.^{61, 161} Für die Lebensdauer von

Einzelzahnkronen aus *Oxidkeramiken* werden 5- bzw. 10-Jahres-Überlebensraten von 73% bis 99%^{11, 60, 62, 64, 104, 111, 117, 155, 158-160, 165, 185, 232} bzw. 84% und 94%^{65, 159} angegeben.

Für Einzelzahnkronen gefertigt aus der Werkstoffklasse der *Polymere* zeigte sich in einer aktuellen Studie eine Überlebensrate von 93,3% nach 3 Jahren.²¹² Eine weitere Arbeit konnte 92,6% und 96,8% nach 2 Jahren dokumentieren.²⁷

Monolithische Einzelzahnkronen zeigten Überlebensraten von 73,2% bis 96,5%^{21, 165, 227} nach 5 bzw. 68% bis 83,5%^{21, 174, 227} nach 10 Jahren auf. Eine weitere Studie konnte für monolithische Einzelzahnkronen nach 12 Jahren Überlebenswahrscheinlichkeiten von 90,3% verzeichnen.¹⁶¹ Die mittels CAD/CAM-Technologie hergestellten Einzelzahnkronen zeigten 5-Jahres-Überlebensraten von 73,2% bis 97,3%.^{62, 155, 165, 205, 232} Daneben konnte eine 10-Jahres-Überlebensrate von 83,5% und nach 12 Jahren von 90,3% verzeichnet werden.^{161, 174}

Prinzipiell zeigte sich für die Versorgung von avitalen bzw. endodontisch behandelten Pfeilerzähnen häufig eine geringere Überlebensrate als bei denen, welche einen vitalen Ausgangszustand aufwiesen.^{20, 160, 199, 231, 236, 237}

Tab. 3-2 Überlebensraten von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen

Erstautor	Jahr	Anzahl	Werkstoff	Überlebensrate	Zeitraum	Statistik
Westermann²⁴₃ (Deutschland)	1990	222 K	Metall	88%	8	Kaplan-Meier
Nahara¹⁵² (Japan)	1991	26 P 33 K	Silikatkeramik	100%	2	k.A.
Cheung²⁶ (Hongkong)	1991	132 P 152 K	Metall Keramik (k.A.)	86,2%	Ø 2,8	Quotientenbildung
Kerschbaum¹⁰₆ (Deutschland)	1991	1238 P 4371 K	k.A.	92% 79% 56%	5 10 15	Kaplan-Meier
Bieniek¹¹ (Deutschland)	1992	60 P 179 K	Oxidkeramik	95%	5	Kaplan-Meier
Brunner²⁰ (Schweiz)	1992	215 K	Metall	88%	Ø 9,3	Quotientenbildung
Erpenstein⁵⁰ (Schweiz)	1992	593 K	Metall	96,2% 91,3% 83,7%	5 10 15	Quotientenbildung
Pröbster¹⁷⁰ (Deutschland)	1993	61 K	Oxidkeramik	100%	2,5	Kaplan-Meier
Palmqvist¹⁶² (Schweden)	1993	25 K	Metall	92%	18-23	Quotientenbildung
Schlösser¹⁹⁸ (Deutschland)	1993	390 K	Metall	92,1%	9	Life-Table
Mentik¹³⁸ (Niederlande)	1993	516 K	Metall	82%	10	Kaplan-Meier
Hüls⁸⁶ (Deutschland)	1995	82 P 335 K	Oxidkeramik	99,6% 99,1% 97,3%	1 2 3	Kaplan-Meier
Kelsey⁹⁶ (USA)	1995	101 K	Silikatkeramik	83,7%	4	Quotientenbildung
Pang¹⁶³ (Singapur)	1995	35 K	Oxidkeramik	91,5%	1,8	Quotientenbildung
Scotti²⁰³ (Italien)	1995	45 P 63 K	Oxidkeramik	98,4%	3,1	Quotientenbildung
Pröbster¹⁷¹ (Deutschland)	1996	18 P 95 K	Oxidkeramik	100%	4,7	Kaplan-Meier
Fradeani⁵⁸ (Italien)	1997	55 P 144 K	Silikatkeramik	95,4%	6	Kaplan-Meier
Lehner¹²⁰ (Schweiz)	1997	78 K	Silikatkeramik	95%	2	Kaplan-Meier

Hawthorne⁸¹ (Australien)	1997	399 K	k.A.	50%	26	Life-Table
Kerschbaum¹⁰ 3 (Deutschland)	1997	1618 K	Metall	93,7% 88,7% kera- misch- verblendet	5 10	Kaplan- Meier
				86,5% 66,8% kunst- stoff- verblendet	5 10	
Martin¹³⁵ (USA)	1997	1071 K	Metall	84%	5	Kaplan- Meier
Smales²¹⁰ (Hong Kong)	1997	270 K	Metall	70%	20	Life-Table
Valderhaug²²⁷ (Norwegen)	1997	46 K	Metall	96,5% 82,1%	5 10	Kaplan- Meier
Pröbster¹⁷² (Deutschland)	1997	28 P 135 K	Oxid- keramik	97,2%	6	Kaplan- Meier
Odén¹⁵⁸ (Schweden)	1998	97 K	Oxid- keramik	97%	5	Quotienten- bildung
Sorensen²¹¹ (USA)	1998	33 P 75 K	Silikat- keramik	98,7%	3	Quotienten- bildung
Studer²²⁰ (Schweiz)	1998	59 P 142K	Silikat- keramik	91,3% 89,2%	5 6	Kaplan- Meier
Walton²³⁶ (Australien)	1999	688 K	Metall	96,7%	10	Kaplan- Meier
Sjögren²⁰⁸ (Schweden)	1999	29 P 110 K	Silikat- keramik	91%	5	Kaplan- Meier
Sjögren²⁰⁹ (Schweden)	1999	46 P 98 K	Silikat- keramik	82%	10	Kaplan- Meier
Malament^{130,} 129 (USA)	1999	1444 K	Silikat- keramik	74% adhäsiv befestigt	14,1	Kaplan- Meier
				54% konven- tionell befestigt		
Erpenstein⁴⁹ (Deutschland)	2000	400 P 769 K 173 K	Metall Silikat- keramik	96,5% SZ 92 % FZ 70% SZ 82,7% FZ	7	Kaplan- Meier

Lövgren¹²⁴ (Schweden)	2000	242K	Metall	99,6%	5	Life-Table
Edelhoff⁴² (Deutschland)	2000	71 P 250 K	Silikat- keramik	98,1% adhäsiv befestigt 97,9% konventio- nellbefe- stigt	Ø > 4	Kaplan- Meier
McLaren¹³⁷ (USA)	2000	53 P 223 K	Oxid- keramik	97,9% Frontzahn 93,5% Prämola- ren 93,8% Molaren	3	Kaplan- Meier
Malament¹³¹ (USA)	2001	417 P 1444 K	Silikat- keramik	68% Glasio- nomer Zement 66% adhäsiv befestigt 65% Zink- phosphat- Zement	12	Kaplan- Meier
Ödman¹⁵⁹ (Schweden)	2001	50 P 87 K	Oxid- keramik	97,7% 93,5%	5 10	Life-Table
Scherrer¹⁹⁴ (Schweiz)	2001	68 K 22 K 30 K 30 K	Oxid- keramik Silikat- keramik	92% In-Ceram 81% HI-Ceram 86% Dicor 69% Ce- restore	5 6 7 8	Kaplan- Meier
Segal²⁰⁴ (USA)	2001	546 K	Oxid- keramik	99,1%	6	Quotien- tenbildung
Van Dijken²³⁰ (Schweden)	2001	110 P 182 K	Silikat- keramik	92,9%	7	Kaplan- Meier
Fradeani⁵⁹ (Italien)	2002	13 P 40 K	Oxid- keramik	97,5%	Ø 4,2	Kaplan- Meier

Fradeani⁶¹ (Italien)	2002	54 P 125 K	Silikat- keramik	95,2%	11	Kaplan- Meier
Gemalmaz⁶⁹ (Türkei)	2002	20 P 37 K	Silikat- keramik	94,6%	Ø 2	Kaplan- Meier
Malament¹³² (USA)	2003	425 P 1073 K	Silikat- keramik	90,2%	10,4	Kaplan- Meier
Ellner⁴⁵ (Schweden)	2003	49 K	Metall	94%	8,5	Quotienten- bildun
Marklund¹³³ (Schweden)	2003	18 P 42 K	Metall	92,9%	5	Quotienten- bildung
Van Nieuwen- huysen²³¹ (Belgien)	2003	89 K	Metall	50%	15	Kaplan- Meier
Bindl¹³ (Schweiz)	2004	24 P 18 K 18 K	Silikat- keramik Oxid- keramik	94,4% 91,7%	Ø 3,7	Kaplan- Meier
Jokstad⁸⁹ (Norwegen)	2004	20 P 39 K	Metall	89%	8,5	Kaplan- Meier
Kolker¹¹² (USA)	2004	337 K	k.A.	95% 87%	5 10	Kaplan- Meier
Fradeani⁶⁰ (Italien)	2005	106 P 205 K	Oxid- keramik	96,7%	5	Kaplan- Meier
Naert¹⁵¹ (Belgien)	2005	165 P 300 K	Oxid- keramik	98,4%	5,5	Life-Table
Böning¹⁷ (Deutschland)	2006	63 P 39 K 40 K	Silikat- keramik Metall	97% 100%	3	Kaplan- Meier
Etemadi⁵¹ (Iran)	2006	167 K	Silikat- keramik Metall	72,9% 74,3%	5	Life-Table
Galindo⁶³ (Schweiz)	2006	50 P 155 K	Oxid- keramik	99% 99%	5 7	Kaplan- Meier
Kaiser⁹⁰ (Deutschland)	2006	Review	Studien zu Oxid- keramik	siehe auch 13, 59, 75, 80, 86, 137, 163, 170-172, 194, 203, 204	k.A.	rein deskriptiv
Janus⁸⁷ (USA)	2006	1252 K	Metall	89% Pat. < 35 Jahre 68% Pat. ≥ 55 Jahre	10	Kaplan- Meier

Reitemeier¹⁷⁹ (Deutschland)	2006	95 P 190 K	Metall	96,1%	7	Life- Table
Marquardt¹³⁴ (Deutschland)	2006	27 K	Silikat- keramik	100%	4,2	Kaplan- Meier
Taskonak²²² (USA)	2006	20 K	Silikat- keramik	100%	2	Kaplan- Meier
Walter²³⁴ (Deutschland)	2006	70 P 107 K	Oxid- keramik	94,3%	6	Kaplan- Meier
Wassermann²³ 9 (Deutschland)	2006	Review (12 Stu- dien)	Studien zu Oxid- keramik	siehe auch 13, 59, 75, 80, 86, 90, 137, 163, 170-172, 194, 203, 204	k.A.	rein deskriptiv
De Backer^{36, 35, 34} (Belgien)	2006	456 P 1037 K	Metall	93,9% 85,6% 74,9% vital 95,2% 84,7% 79,4% avi- tal/mit Stift	6 12 18 6 12 18	Kaplan- Meier
Pjetursson¹⁶⁸ (Schweiz)	2007	Meta- Analyse 6006 K (27 Studien) 1765 K (6 Studien)	Metall Keramik	95,6% 93,3%	5	Quotienten- bildung
Zitzmann²⁵⁹ (Schweiz)	2007	39 P 135 K 103 K	Oxid- keramik	100% SZ 98,8% FZ	3,2	Kaplan- Meier
Eliasson⁴⁴ (Norwegen)	2007	12 K	Metall	100%	Ø 4,3	Quotienten- bildung
Miyamoto¹⁴² (USA)	2007	506 K	k.A.	95,9%	8	Kaplan- Meier
Freesmeyer⁶² (Deutschland)	2008	44 P 99 K	Oxid- keramik	97,9% 76,6%	3 5	Kaplan- Meier
Bader⁶ (USA)	2009	Review 24 Studien 16 Studien	Metall	90% 95%	5	Kaplan- Meier/ Life-Table

Ehlers⁴³ (Deutschland)	2009	288 P 1254 K	k.A.	96,6% 87,3%	10-15	Quotienten- bildung
Encke⁴⁸ (Deutschland)	2009	224 P 123 K	Oxid- keramik	97,9% 95,1% 89,8%	0,5 1 2	Kaplan- Meier
		101K	Metall	100% 94,8% 92,7%	0,5 1 2	
Kerschbaum¹⁰ (Deutschland)	2009	957 K	Oxid- keramik	98%	5	Kaplan- Meier
Burke²¹ (England)	2009	7817K	Metall	94% 80% 68%	1 5 10	Kaplan- Meier
		1434K	Voll- keramik	92% 68% 48%	1 5 10	
		38166	Metall ver- blendet	93% 76% 62%	1 5 10	
Valenti²²⁸ (Italien)	2009	144 P 261 K	Silikat- keramik	95,5%	10	Kaplan- Meier
Walton²³⁷ (Australien)	2009	Gruppe 1: 140 P 404 K Gruppe 2: 180 P 539 K	Metall	94% 93%	10	Kaplan- Meier
Heintze⁸² (Liechten- stein)	2010	Meta- Analyse (7 Stu- dien) 1487 K 81 K	Silikat- keramik	96,2% adhäsiv befestigt 98,8% konven- tionell be- festigt	Ø 4,5 Ø 1,6 5-6	Quotienten- bildung
Schmidlin¹⁹⁹ (Schweiz)	2010	56 K	k.A.	100% 89,3% vital	5 10	Kaplan- Meier
		34 K		96,9% 85,8% endo- dontisch behandelt	5 10	
		39 K		89,6%	5	

				75,9% mit Stift	10	
Gomez-Polo⁷³ (Spanien)	2010	112K	Metall	83%	10	Kaplan- Meier
Kassem⁹³ (Ägypten)	2010	Meta- Analyse (8 Stu- dien) 464K 208K 43K	Oxid- keramik Procera AllCera m Mark II In-Ceram	89,8% - 97,4% 82,2% 95,3%	5-10,5	Quotienten- bildung
Çehreli²² (Türkei)	2011	12 P 50 K 21 P 51 K	Silikat- keramik Oxid- keramik	94% 94%	3	Kaplan- Meier
Galindo⁶⁵ (Schweiz)	2011	29 P 112 K	Oxid- keramik	84%	10	Kaplan- Meier
Kokubo¹¹¹ (Japan)	2011	39 P 101 K	Oxid- keramik	96,9% FZ 87,7% SZ	5	Kaplan- Meier
Napankangas¹ ⁵⁴ (Finnland)	2011	57 P 82 K	Metall	78%	18	Kaplan- Meier
Wolleb²⁴⁶ (Schweiz)	2012	249 K 47 K	Metall Silikat- keramik	98,8% 100%	5	Quotienten- bildung
Vigolo²³² (Italien)	2012	58 P Gruppe C 19K Gruppe P 19K Gruppe L 20K	Metall Oxid- keramik Oxid- keramik	95% 79% 89%	5	Life- Table
Örtorp¹⁶⁰ (Schweden)	2012	162 P 205 K	Oxid- keramik	88,3%	5	Life- Table
Walton²³⁸ (Australien)	2013	634 P 2211	Metall	97,1% 85,4%	10 25	Kaplan- Meier

Gehrt⁶⁸ (Deutschland)	2013	37 P 94 K	Silikat- keramik	97,4% 94,8%	5 8	Kaplan- Meier
Passia¹⁶⁵ (Deutschland)	2013	223 P 123 K 100 K	Oxid- keramik Metall	73,2% 92,3%	5 5	Kaplan- Meier
Reich¹⁷⁷ (Deutschland)	2013	29 P 29 K	Silikat- keramik	ausfallfreie Rate= 96,3%	4	Kaplan- Meier
Fabbri⁵² (Italien)	2014	428 K 209 K 22 K 65 K 132 K	Silikat- keramik FZ verblen- det mono- lithisch SZ verblen- det mono- lithisch	98,57% 95,46% 96,92% 96,21%	Ø3,1	Kaplan- Meier
Behr⁷ (Deutschland)	2014	997 K	Metall	anterior 96,4% 92,3% posterior 97,5% 95,7%	5 10 5 10	Kaplan- Meier
Larsson¹¹⁷ (Schweden)	2014	Meta- Analyse 10 Stu- dien, 830 K	Oxid- keramik	95,9%	5	Life- Table
Gherlone⁷² (Italien)	2014	70 P 86 K	Oxid- keramik	69,8%	3	Kaplan- Meier
Akin² (Türkei)	2015	15 P 15 K 15 K	Silikat- keramik HP- Technik CAD/ CAM	100% 100%	2	Kaplan- Meier
Toman²²⁶ (Türkei)	2015	35P 121K	Silikat- keramik	87,1%	Ø 8,7	Kaplan- Meier

Valenti²²⁹ (Italien)	2015	59 P 110 K	Silikat- keramik	96,1%	9	Kaplan- Meier
Fehmer⁵⁴ (Schweiz)	2015	Review 41 Studien	Metall- keramik Voll- keramik	91,2% - 96,6%	5	rein dekrrip- tiv
Seydler²⁰⁵ (Deutschland)	2015	60 P 60 K	Oxid- keramik Silika- tkeramik	95% 91%	5	Kaplan- Meier
Otto¹⁶¹ (Deutschland)	2015	52 P 61 K	Silikat- keramik	90,3%	12	Kaplan- Meier
Rinke¹⁸⁵ (Deutschland)	2016	45 P 41 K 50K	Metall Oxid- keramik	97,6% 94,0%	5	Kaplan- Meier
Chirumamilla² ₇ (USA)	2016	29 P 36 K	Polymer	96,8% Harzzement 92,9% RMGI- Zemente	2	Kaplan- Meier
Schmitz²⁰⁰ (Italien)	2016	168 P 257 K	Silikat- keramik	98,83%	Ø2	Kaplan- Meier
Nejatidanesh¹⁵⁵ (England)	2016	261 P 139 K	Oxid- keramik	97,3%	5	Kaplan- Meier
Schmitz²⁰¹ (Italien)	2017	614 K	Silikat- keramik	97,93%	2	Kaplan- Meier
Rauch¹⁷⁵ (Deutschland)	2017	25 K	Silikat- keramik	87,6%	6	Kaplan- Meier
Bömicke¹⁶ (Deutschland)	2017	68 P 90 K 72 K	Oxid- keramik mono- lithisch verblen- det	 98,5% 98,5%	3	Kaplan- Meier
Monaco¹⁴⁴ (Italien)	2017	72 P 45 K 45 K	Oxid- keramik Metall	97,7% 97,4%	5	Kaplan- Meier
Brondani¹⁹ (Brasilien)	2017	129 P 152 M	Metall	97,6%	Ø 3,1	Kaplan- Meier
Teichmann²²³ (Deutschland)	2017	37 P 87 K	Silikat- keramik	89,1%	5	Kaplan- Meier

				86,1%	10	
Rauch¹⁷⁴ (Deutschland)	2018	26 K	Silikat- keramik	83,5%	10	Kaplan- Meier
Gunge⁷⁶ (Japan)	2018	148 K	Oxid- keramik	91,5%	3,5	Kaplan- Meier
Saleh Samer¹⁹² (Kuala Lum- pur)	2018	47 P 88 K	Silikat- keramik	97,7%	3	Kaplan- Meier
Konstantinidis¹ ₁₃ (Griechenland)	2018	65 P 65 K	Oxid- keramik	100%	1	Quotien- tenbildung
Reitmeier¹⁸⁰ (Deutschland)	2019	95P 138 K	Metall	78,8%	20	Kaplan- Meier
Aziz⁴ (Kanada)	2019	32 P 40 K	Silikat- keramik	95,0%	4	Kaplan- Meier
Spitznagel²¹² (Deutschland)	2020	34 P 76 K	Polymer	93,9%	3	Kaplan- Meier
Chaar²³ (Deutschland)	2020	39 P 60 K	Metall	81%	14	Kaplan- Meier

3.4 Komplikationen von Einzelzahnkronen

Die Anforderungen an prothetische Wiederherstellungsmaßnahmen in der Zahnheilkunde sind weit gefächert. Die zum festsitzenden Zahnersatz zählende Einzelzahnkrone stellt eines der langlebigsten prothetischen Therapiemittel dar.^{77, 82, 107} Der prothetische Nachsorgebedarf ist daher in der Regel gering. Vielmehr zeigen einige Studien, dass Kronenversorgungen selbst unter Auftreten von Misserfolgen hohe Überlebensraten aufweisen können.^{107, 99, 100, 126}

Dennoch werden in Rahmen von klinischen Untersuchungen immer wieder Komplikationen von Einzelzahnkronen festgestellt, welche durchaus zum Scheitern und damit zu einer Neuanfertigung der Restauration führen können. Hinsichtlich technischer Faktoren werden neben dem Retentionsverlust vor allem die Fraktur der Verblendkeramik/Chipping^{20, 26, 36, 35, 65, 104, 124, 160, 168, 194, 208, 209, 220, 228, 236-239} dokumentiert. Weiterhin dominieren Problematiken wie Karies und Parodontopathien.^{20, 23, 36, 35, 68, 160, 168, 198, 199, 231, 236, 237} Seltener hingegen werden Randschlussmängel, komplette Frakturen/Total Failure, endodontische Behandlungen, persistierender Dolor oder Frakturen des Pfeilerzahnes thematisiert.^{68, 175, 174, 177, 238} In einigen Fällen führt die Komplikation zur Extraktion des Pfeilerzahnes.^{50, 160}

3.4.1 *Retentionsverlust*

In Bezug auf den Retentionsverlust (Dezementierung) spielen Faktoren wie etwa die Wahl des Befestigungsmaterials, eine ausreichende Trockenlegung sowie die mechanischen Eigenschaften der Einzelzahnkrone eine Rolle.¹¹⁹ Zudem wird der Präparation eine entscheidende Bedeutung zugesprochen.

Der Pfeilerzahn sollte demnach so präpariert werden, dass abziehende Kräfte (Retentionsform) und extraaxiale Kräfte (Widerstandsform) nicht zu einer Dezementierung führen. Wird also der Präparationswinkel gering gehalten und bleibt der Stumpfumfang ausreichend groß, nimmt die Retention einer Einzelzahnkrone zu, womit das Risiko eines Retentionsverlustes klein gehalten wird.^{173, 219, 253}

3.4.2 Randschlussmängel

Als ein wichtiges Qualitätsmerkmal für den langfristigen Erfolg von Einzelzahnkronen gilt die marginale Passgenauigkeit, der sogenannte Randschluss einer Krone.¹⁶⁷ Dabei sind überextendierte (zu lange) oder unterextendierte (zu kurze) Kronenränder zu vermeiden, da es hier durch Plaqueakkumulation zu Sekundärkaries, Pulpairritationen und Parodontopathien kommen kann.^{33, 55}

3.4.3 Verblendfraktur/Chipping

Die Problematik der Verblendfraktur (Chipping) wird als eine der häufigsten Komplikationen bei verblendeten Kronen beschrieben.^{8, 28, 38, 83, 144, 160, 168, 197} Insgesamt zeigen verblendete Keramiken eine höhere Chippingrate als verblendete Metalle.^{29, 72, 83, 110, 190} Darunter wird jede Form von Absplitterung und Abscherung der Keramikverblendung verstanden. Ursächlich hierfür kann die Gerüstanfertigung, das Aufbrennen der Verblendkeramik, eine fehlerhafte Präparation oder die intraorale Anprobe der fertiggestellten Einzelzahnkronen sein.^{100, 102}

3.4.4 Komplette Fraktur/Total Failure

Komplette Frakturen von Einzelzahnkronen können zum einen werkstoffkundlich bedingt sein, wie etwa ein fortschreitendes Risswachstum, welches zum Versagen der überlasteten Keramik führt. Zum anderen können Verarbeitungsfehler oder die Überschreitung des Indikationsbereichs verantwortlich für einen vollständigen Bruch der Restauration sein.¹²⁷

Erste Anzeichen einer Überlastung sind dabei zunächst Frakturen der Verblendkeramik, die sich im Folgenden dann bis zur Totalfraktur ausbreiten können.²³³ Häufig beobachtet wird dieses Phänomen bei vollkeramischen Versorgungen, weshalb die richtige Dimensionierung der Gerüststruktur bei dieser Restaurationsart entscheidend ist. Anders verhält sich dies jedoch bei keramisch verblendeten Metallen. Hier sorgt die hohe Risszähigkeit des Metalls dafür, dass der Riss an der metallkeramischen Grenzfläche gestoppt wird.¹⁸⁸

3.4.5 Parodontale Beschwerden

Parodontale Problematiken im Zusammenhang mit der Kronenversorgung werden vor allem gingival und approximal als Folge der Missachtung der biologischen Breite beobachtet.^{71, 149} Weiterhin werden Gewebereaktionen nach dem Einsetzen von Einzelzahnkronen, die aus einer Metallbasis bestehen, in der Literatur diskutiert. Dabei sollen Oxide aus der Legierung verantwortlich für die Entzündungsreaktion sein.^{108, 241} Gegenätzlich dazu wird jedoch auch dem Alter der Patienten im Zusammenhang mit Parodontopathien ein hoher Wert beigemessen.⁹¹ Dabei soll das Alter der Patienten in einer Korrelation zu dem Auftreten von Parodontitis stehen. Ursächlich hierfür sei eine eingeschränkte Mobilität, welche eine schlechtere Mundhygiene sowie Entzündungen des Zahnhalteapparates hervorrufen könne.⁷

3.4.6 Endodontische Behandlung

Da die Gefährdung der Pulpenvitalität als größtes Risiko bei der Überkronung des Pfeilerzahnes gilt, steht die Vitalerhaltung im Fokus der zahnärztlichen Behandlung.^{11, 20, 48, 199, 227} Postoperative irreversible Pulpaschädigungen können zum einen durch chemische oder physikalische Ursachen entstehen. Hierzu zählen Aufbaumaterialien, Bondingsysteme, Abform- oder auch Befestigungsmaterialien. Zum anderen birgt die Präparation eine große Gefahr.

Im Zuge der Präparation sollte daher auf eine ausreichende Wasserkühlung von 50ml/min geachtet werden, um eine Überhitzung des Dentins zu vermeiden.⁸⁴ Daneben spielt eine ausreichend dicke Restdentinschicht zum Schutz der Pulpa eine entscheidende Bedeutung.⁷⁰ Treten tiefreichende Dentinwunden auf, sollten diese zunächst mittels Aufbaufüllung versorgt werden. Daneben kann auch eine Dehydrierung während der Trockenlegung in der Phase der definitiven Eingliederung Komplikationen hervorrufen.⁸⁴

3.4.7 Pfeilerfraktur

Als Ursache für die Fraktur eines Pfeilerzahnes, welcher mit einer Einzelzahnkrone versorgt wurde, ist neben einer endodontischen Behandlung die Stiftversorgung zu nennen.

Im Zuge der Aufbereitung des Nervenkanals kann es hierbei zur Schwächung der Stabilität durch einen vermehrten Dentinabtrag kommen. Daher gilt es den Abtrag auf ein Minimum zu begrenzen.¹¹⁵

3.4.8 *Karies*

Ursächlich für eine Karies im Zusammenhang mit Einzelzahnkronen können neben technischen Faktoren (zu großer Randspalt, überkonturierte Kronenränder) auch biologische Faktoren (mangelhafte Mundhygiene, verminderter Speichelfluss aufgrund einer Medikamenteneinnahme oder Bestrahlung, schlechte Compliance und Hygienefähigkeit) sein.^{33, 55, 77}

3.4.9 *Persistierender Dolor*

Schmerzen im Rahmen der prothetischen Versorgung mittels Einzelzahnkrone werden, solange sie vorübergehend auftreten, als eine natürliche und häufig auftretende Reaktion eines vitalen Pfeilerzahns angesehen.⁷⁰ Die Präparation als stark invasiver Prozess kann dabei zunächst anhaltende Schmerzen hervorrufen. Tritt jedoch keine Linderung der Schmerzen ein oder verändert sich die Schmerzqualität, ist eine klinische und röntgenologische Abklärung zum Ausschluss einer Entzündung der Pulpa als Komplikation angeraten.¹¹⁹

3.4.10 *Extraktion und prothetische Neu- oder Umplanung*

Der Indikationskatalog für die Extraktion eines Pfeilerzahnes ist vielseitig. In der Literatur häufig erwähnt werden: kariöse Prozesse, Erkrankungen der Pulpa bzw. des apikalen Parodonts, Pfeilerfrakturen und weit fortgeschrittene Parodontopathien.²⁴⁰ Im Allgemeinen treten Extraktionen häufig als Folge von Komplikationen auf.

Prothetische Neu- und Umplanungen beschreiben keine unmittelbare Komplikation, werden jedoch häufig bei älteren Patienten beobachtet. In diesem Zusammenhang führt insbesondere die Erweiterung von Zahnersatz zu einer Neu- oder Umplanung und nimmt damit Einfluss auf das Scheitern einer Einzelzahnkrone.²⁴⁰

4 Material und Methode

In dieser retrospektiven Longitudinalstudie wurden ausschließlich Patienten in die Datenerfassung einbezogen, die in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen mit auf natürlichen Pfeilerzähnen verankerten Einzelzahnkronen in dem Zeitraum von 2004 bis 2020 versorgt wurden.

Dabei entstammten alle für die Überlebenszeitanalyse relevanten Patientendaten dem seit 2004 eingesetzten EDV-Programm *Multizentrische Dokumentation* (MZD). Dieses wurde in Eigeninitiative speziell für die zahnärztliche Patientenverwaltung an Universitätszahnkliniken entwickelt und beinhaltet einen Datensatz bestehend aus ausführlichen zahnärztlichen Befunden, Therapieentscheidungen, Behandlungsverläufen, Fotodokumentationen sowie digitalisierten Laboraufträgen an externe Dentallabore.

Für die Verwendung der Patientendaten lag ein positives Votum (Aktenzeichen 164/11) der Ethikkommission am Fachbereich Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen vor.

4.1 Rahmenbedingungen und Studienpopulation

Ein Großteil der zur Eingliederung der Einzelzahnkrone notwendigen Behandlungsmaßnahmen wurde von Studenten und Studentinnen im Rahmen der klinischen Kurse der Zahnersatzkunde I und II (8. und 9. Fachsemester) unter ständiger Aufsicht approbierter Zahnärzte vorgenommen. Ein geringer Anteil an Behandlungen erfolgte durch angestellte Zahnärzte der Abteilung selbst. In beiden Fällen wurde die Erhebung der klinischen Daten sowie die Behandlungsmaßnahmen stets nach dem gleichen Prinzip durchgeführt. Auch die anschließende Anfertigung der Einzelzahnrestauration erfolgte standardisiert durch qualifizierte Dentallabore, wodurch insgesamt bezüglich der zahnärztlichen als auch zahntechnischen Qualität ein homogenes Untersuchungskonvolut gegeben war.

Im Anschluss an die erfolgreich abgeschlossene Behandlung wurden die Patienten, nach schriftlicher Einwilligung, in ein bestehendes Recallsystem aufgenommen, welches individuell auf das Nachsorgebedürfnis eines jeden Patienten eingeht und eine umfangreiche klinische Datenerhebung erfasst.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden auf natürlichen Pfeilerzähnen *definitiv* eingesetzte Einzelzahnkronen untersucht. Dabei wurde jede als eigenständiger Fall betrachtet. Dies traf ebenso zu, wenn der Patient mehrere Einzelzahnkronen in einem Kiefer besaß, ein Pfeilerzahn aufgrund von Komplikationen neu versorgt werden musste oder eine therapeutische Umplanung stattfand, welche mit einer Neuversorgung eines Pfeilerzahnes einherging. Demnach konnte ein Patient je nach Anzahl an Einzelzahnkronen einfach oder mehrfach in die Datenerfassung eingehen.

Damit lassen sich folgende *Einschlusskriterien* bezüglich der Studie definieren:

- Versorgung von natürlichen Pfeilerzähnen mit Einzelzahnkronen;
- definitiv eingesetzte Einzelzahnkronen;
- mind. ein Nachsorgetermin nach Eingliederung;
- älter als 18 Jahre.

Nicht berücksichtigt hingegen wurden Einzelzahnkronen, welche provisorisch eingesetzt wurden, benachbarte Einzelzahnrestaurationsblöcke (verblockte Einzelzahnkronen) sowie Dauerprovisorien. Weiterhin wurden nur Patientenunterlagen mit vollständigen Datensätzen einbezogen.

Daraus ergeben sich folgende *Ausschlusskriterien* für die vorliegende Studie:

- Versorgung von natürlichen Pfeilerzähnen mit verblockten Einzelzahnkronen;
- provisorisch eingesetzte Einzelzahnkronen;
- Dauerprovisorien;
- kein Nachsorgetermin nach Eingliederung;
- jünger als 18 Jahre.

In dem Zeitraum von 2004 bis 2020 konnten insgesamt 1154 auf natürlichen Pfeilerzähnen verankerte Einzelzahnkronen identifiziert werden. Für 158 Einzelzahnkronen lagen nach Eingliederung keine weiteren Daten vor, sodass diese nicht in der Analyse berücksichtigt werden.

Demnach konnten die elektronisch erfassten Daten von insgesamt 996 Einzelzahnkronen bei 430 Patienten (238 weiblich, 192 männlich) bezüglich der Überlebenszeit ausgewertet werden (Abb. 4.1).

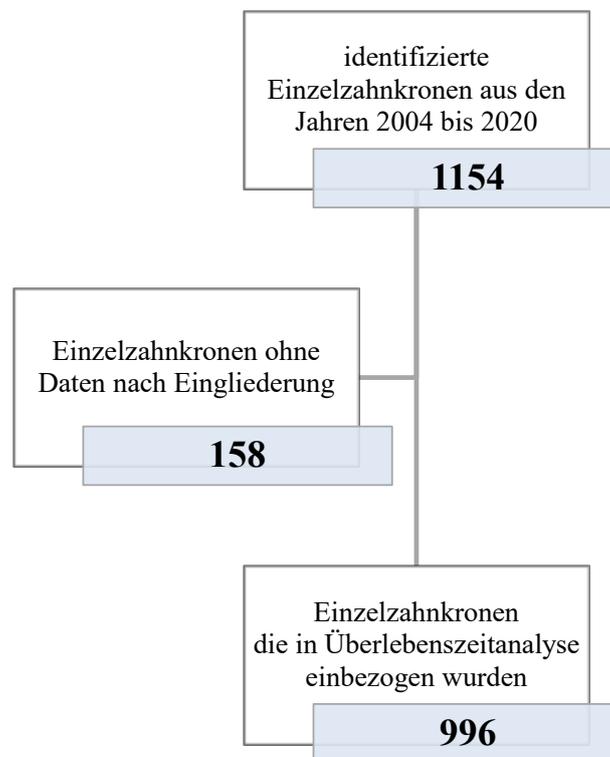


Abb. 4.1 Suchstrategie für die Studienpopulation mit Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen

4.2 Datengewinnung

Im Folgenden sind die aus dem MZD Programm entnommenen und für die Überlebenszeitanalyse relevanten Patientendaten aufgelistet (Tab. 4-1).

Tab. 4-1 aus dem MZD Programm entnommene und ausgewertete Daten

Variable	Unterscheidung innerhalb der Variable
Geburtsdatum	Das Geburtsdatum (TT.MM.JJJJ) wird erfasst
Patientenalter	Das Alter (in Jahren) bei definitiver Eingliederung wird erfasst
Patientengeschlecht	Das Geschlecht (weiblich oder männlich) wird erfasst
Kiefer	Bedingt durch die Position des Pfeilerzahns findet eine Kategorisierung der Einzelzahnkronen in die Vergleichsgruppen Oberkiefer und Unterkiefer statt
Lokalisation innerhalb des Kiefers	Es wird unterschieden, ob es sich bei dem Pfeilerzahn um einen Front- oder Seitenzahn handelt
Ausführungsart	Als mögliche Ausführungsart von Einzelzahnkronen wird monolithisch, teil- oder vollverblendet unterschieden
Werkstoff	Es wird definiert, ob die relevante Einzelzahnkrone aus einer Lithiumdisilikatkeramik/Lithiumsilikatkeramik, einer Zirkoniumdioxidkeramik, einem Edelmetall oder Nichtedelmetall hergestellt wurde
Befestigung	Unter diesem Aspekt wird erfasst, ob die Einzelzahnkrone konventionell oder adhäsiv am Zahn befestigt wurde
Stiftversorgung des Pfeilerzahns	Es wird die Begebenheit dokumentiert, ob der Pfeilerzahn mit einem Stift versorgt wurde. War dieser Fall gegeben, wurde die Fragestellung mit „ja“ beantwortet, andernfalls mit „nein“
Werkstoff der Stiftversorgung	Es findet eine Einordnung der Stiftversorgung in die Werkstoffklassen Hochgold, Nichtedelmetall und Glasfaser statt

Gegenkieferbezaahnung	Hinsichtlich der Gegenkieferbezaahnung wird unterschieden zwischen natu'rllicher Bezaahnung, festsitzendem Zahnersatz (ZE), herausnehmbarem ZE, implantatgetragendem ZE sowie fehlender Gegenkieferbezaahnung
Datum der definitiven Eingliederung	Dieses Datum (TT.MM.JJJJ) legt den Zeitpunkt des Beginns der Untersuchungsspanne fest
letztes Untersuchungsdatum des Patienten	Dieses Datum (TT.MM.JJJJ) beschreibt die letzte Untersuchung der Einzelzahnkrone und legt damit den Endpunkt der Untersuchungsspanne fest
Datum der ersten Ma'ßnahme	Es wird das Datum (TT.MM.JJJJ) der ersten auftretenden Komplikation der Einzelzahnkrone notiert
Charakterisierung der Komplikation	Tritt eine Komplikation ein, wird unterschieden zwischen: Retentionsverlust, Randschlussma'ngel, Verblendfraktur/Chipping, komplette Fraktur/Total Failure, parodontaler Beschwerden, endodontischer Behandlung, Karies, Fraktur, Extraktion ohne Angabe und prothetischer Um- oder Neuplanung

4.3 Statistische Auswertung

Eine Auswertung der in Kapitel 4.2 genannten gesammelten Patientendaten erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS (Statistical Package for the Social Sciences fu'ur Windows, Version 26.0.0.1, IBM, Armonk, NY, USA) und unter externer biometrischer Beratung durch Dr. Johannes Hermann (Gie'ßen).

Im Vordergrund stand dabei das U'uberleben der Einzelzahnkronen. Mit Hilfe der U'uberlebenszeitanalyse, ein Instrumentarium statistischer Methoden, la'sst sich die Wahrscheinlichkeit berechnen, dass ein Ereignis bis zu einem bestimmten Zeitpunkt eintritt.²⁵⁶ Fu'ur die Berechnung der U'uberlebenswahrscheinlichkeit wurde die zeitbezogene Kaplan-Meier-Analyse verwendet. Im Rahmen dessen wurden zwei Zielereignisse definiert:

- Dauer bis zur Neuanfertigung (Zeit in Jahren, bis zum Ende der Funktionsperiode) sowie
- Dauer bis zur ersten Maßnahme (Zeit in Jahren).

Trat keines der Zielereignisse ein, d.h. befand sich die Einzelzahnkrone zum Zeitpunkt des letzten dokumentierten Patientenbesuchs noch in situ, erfolgte die Zensierung des Beobachtungsintervalls.

Über die Kaplan-Meier-Analyse hinaus wurden weitere statistische Verfahren mit einbezogen: der Log-Rank-, Breslow- und Tarone-Ware-Test. Der Log-Rank-Test, als Standardverfahren in der Überlebenszeitanalyse für einfache Gruppenvergleiche, geht von einem konstanten Risiko aus. Hierbei werden jedoch spätere Ereignisse insgesamt stärker gewichtet als frühere Ereignisse.²⁵⁵ Der Breslow-Test dagegen gewichtet frühere Ereignisse stärker als spätere. Auch der Tarone-Ware-Test gewichtet frühere Ereignisse stärker, allerdings weniger als der Breslow-Test und wird empfohlen, wenn sich Zensierungen zum einen relativ gleichmäßig und zum anderen über eine relativ lange Zeitspanne erstrecken.²⁵⁵

Weiterhin findet das Konzept der Hazard-Funktion Anwendung. Die Hazard-Funktion beschreibt die Wahrscheinlichkeit pro Zeiteinheit, dass bei den registrierten Einzelzahnkronen innerhalb eines kleinen Zeitintervalls eines der Zielereignisse (Neuanfertigung bzw. erste Maßnahme) eintritt. Damit steht sie insgesamt für das Verlustrisiko zu einem bestimmten Zeitpunkt.²⁵⁴

Das Cox-Modell als weiteres statistisches Mittel kommt zum Einsatz, wenn der Effekt mehrerer Einflussgrößen gleichzeitig auf eine Zielvariable untersucht werden soll.²⁵⁴

5 Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden während des Beobachtungszeitraums von 2004 bis 2020 insgesamt 996 Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen bei 430 Patienten (238 weiblich, 192 männlich) registriert und ausgewertet.

Dabei lag die mittlere Beobachtungsdauer bei $4,07 \pm 3,40$ Jahren. Der längste dokumentierte Beobachtungszeitraum lag bei 15,27 Jahren. Die Patienten waren bei Eingliederung der Einzelzahnkrone im Mittel $56,19 \pm 14,49$ (Minimum 18,62 und Maximum 89,03) Jahre alt.

5.1 Klinische Bewährung von Einzelzahnkronen

In Bezug auf diese Studie ist die Zeit definiert als Zeitspanne, in der sich die Einzelzahnkrone in Funktion befindet. Das Eingliederungsdatum bildet hier Ausgangspunkt aller Überlebenszeitanalysen. Das Zielereignis wiederum ist definiert als Neuanfertigung (siehe Kapitel 5.1.1) oder als erste ergriffene Maßnahme (siehe Kapitel 5.1.2).

Dabei mussten während des gesamten Beobachtungsintervalls 74 (7,4%) von insgesamt 996 Einzelzahnkronen neuangefertigt und bei 175 (17,5%) von insgesamt 996 Einzelzahnkronen erste Maßnahmen ergriffen werden. Die Gründe für eine Neuanfertigung bzw. erste Maßnahme sowie die jeweilige Anzahl der betroffenen Einzelzahnkronen, ist Tab. 5-1 zu entnehmen.

Tab. 5-1 Gründe für eine Neuanfertigung und erste Maßnahmen inkl. Anzahl der betroffenen Einzelzahnkronen (n=996)

Grund	Neuanfertigung		erste Maßnahme	
	Häufigkeit	Prozent	Häufigkeit	Prozent
Retentionsverlust	5	0,5%	14	1,4%
Randschlussmängel	1	0,1%	3	0,3%
Verblendfraktur/Chipping	4	0,4%	13	1,3%
komplette Fraktur/Total Failure	0	0,0%	0	0,0%
parodontale Beschwerden	12	1,2%	50	5,0%
endodontische Behandlung	4	0,4%	14	1,4%
Karies	2	0,2%	8	0,8%
persistierender Dolor	2	0,2%	32	3,2%
Pfeilerfraktur	6	0,6%	6	0,6%
Extraktion	20	2,0%	17	1,7%
prothetische Neu- oder Umplanung	18	1,8%	18	1,8%
Gesamt	74	7,4%	175	17,5%

Dabei zeigt sich insgesamt, dass Extraktionen, prothetische Neu- oder Umplanungen sowie parodontale Beschwerden am häufigsten zu einer Neuanfertigung führten. Die häufigsten Gründe für eine erste Maßnahme waren neben parodontaler Beschwerden vor allem persistierender Dolor.

5.1.1 Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis Neuanfertigung

Die mittlere Überlebenszeit aller Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung betrug 13,1 Jahre (Tab. 5-2).

Tab. 5-2 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler aller Einzelzahnkronen, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Mittelwert			
Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
		Untere Grenze	Obere Grenze
13,058	0,263	12,542	13,574

Für die 5-Jahres (5-J-ÜR) bzw. 10-Jahres-Überlebensrate (10-J-ÜR) der Gesamtpopulation der Einzelzahnkronen zeigten sich Werte von 92,0% bzw. 80,0%. Die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde nach 6,2 Jahren unterschritten. Eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand nicht statt. Die erste Neuanfertigung erfolgte nach 0,08 Monaten (=2 Tagen). Zur Veranschaulichung sind die Überlebenskurve sowie das Verlustrisiko im Folgenden aufgeführt (Abb. 5.1 und 5.2).

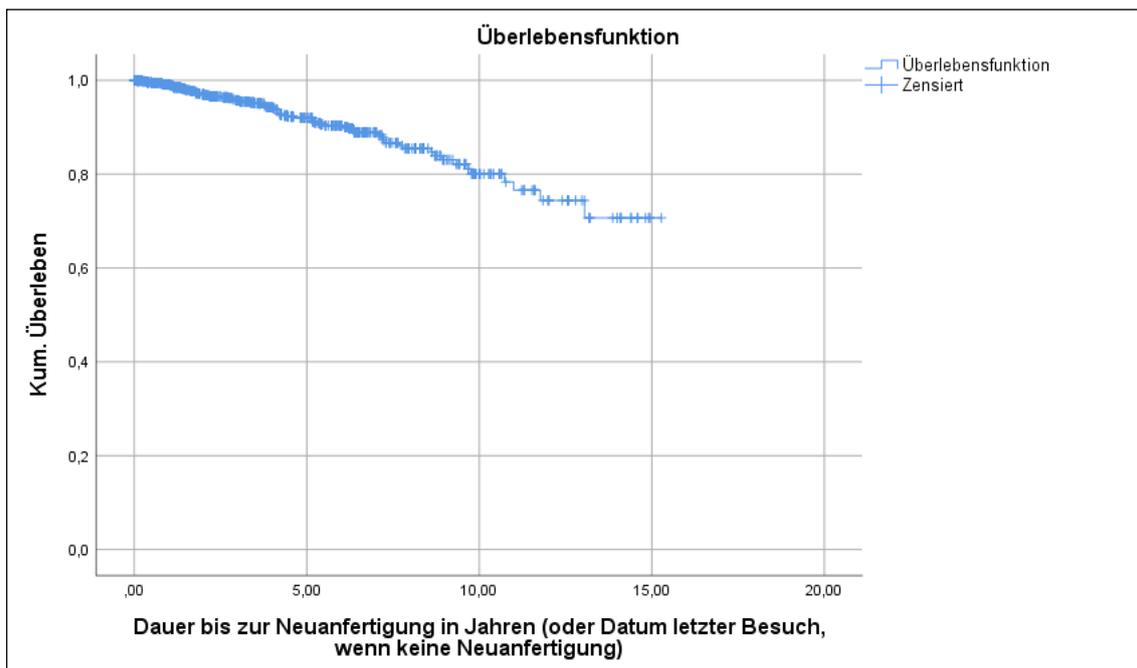


Abb. 5.1 Überlebenszeitanalyse aller untersuchten Einzelzahnkronen (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

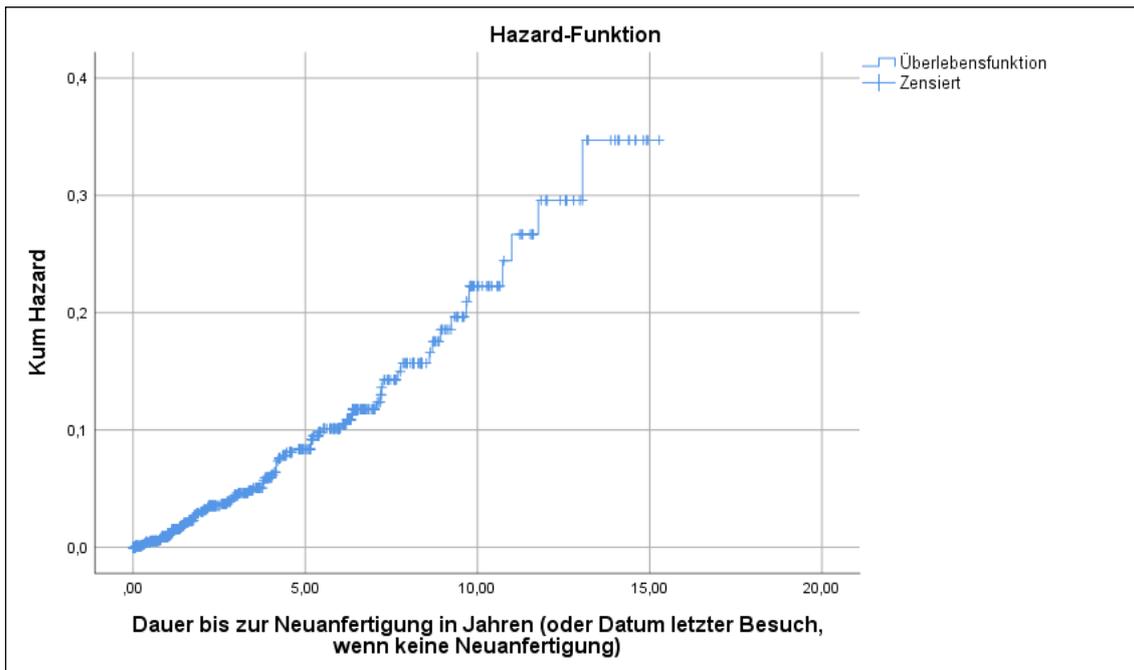


Abb. 5.2 Kumulative Hazard-Funktion aller untersuchten Einzelzahnkronen (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.1 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Patientenalter

Hinsichtlich des Alters zeigte sich keine Signifikanz bezüglich der Überlebensrate von Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung ($p > 0,05$).

5.1.1.2 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht

Die Ergebnisse der Überlebenszeitanalyse zeigten keine signifikanten Unterschiede in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur ersten Neuversorgung in Abhängigkeit von dem Geschlecht des Patienten ($p > 0,05$).

Die mittlere Überlebenszeit von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen für Frauen und Männer ist in Tab. 5-3 dargestellt. Diese betrug bei den Männern 13,1 Jahre und bei den Frauen 12,7 Jahre.

Tab. 5-3 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Geschlecht	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
weiblich	526	488	12,662	0,382	11,913	13,411
männlich	470	434	13,117	0,372	12,389	13,846
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Die kumulative 5-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen betrug bei den weiblichen Patienten 92,8% und bei den männlichen Patienten 91,1%. Die kumulative 10-J-ÜR betrug 82,3% bei den weiblichen und 76,6% bei den männlichen Patienten.

Eine Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit bei den Frauen erfolgte nach 6,4 Jahren, bei den Männern nach 5,2 Jahren. Eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit trat bei keinem der beiden Patientengeschlechter auf.

Sowohl bei Frauen als auch bei Männern mussten jeweils 36 Neuanfertigungen durchgeführt werden. Die erste Neuanfertigung bei den Frauen trat nach etwa 0,9 Monaten, also nach 27 Tagen auf. Die erste Neuanfertigung bei den Männern nach etwa 0,3 Monaten, also 9 Tagen.

Abb. 5.3 zeigt eine graphische Darstellung der Überlebenszeitanalyse in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht. Zudem ist das Verlustrisiko bezogen auf das Geschlecht des Patienten in Abb. 5.4 veranschaulicht dargestellt.

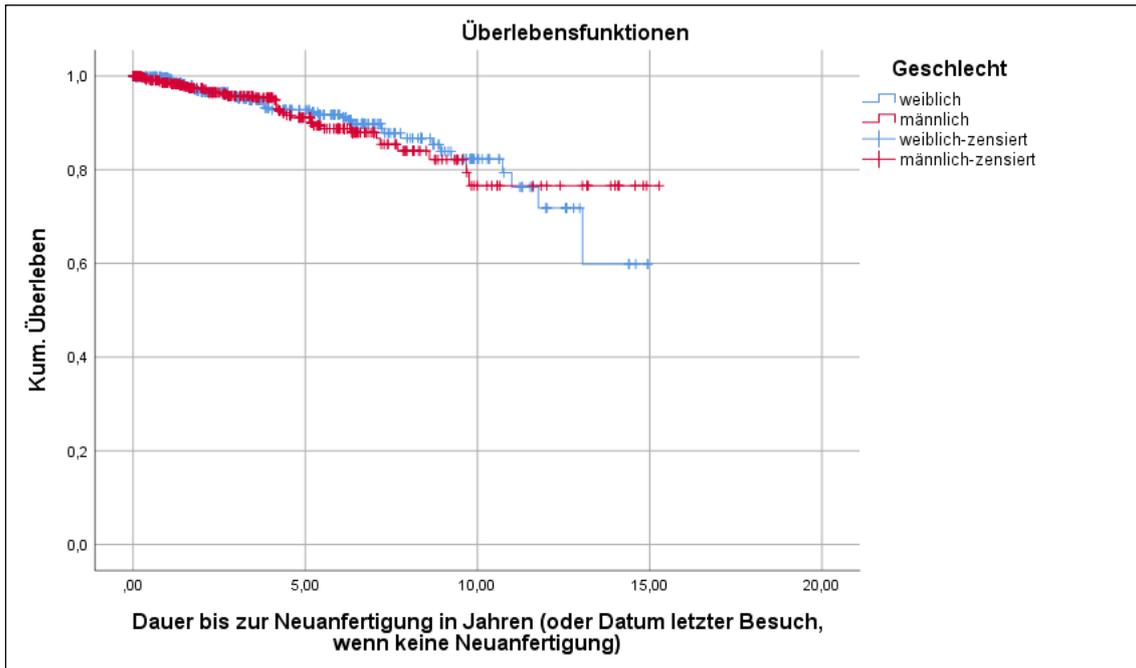


Abb. 5.3 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Patientengeschlecht“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

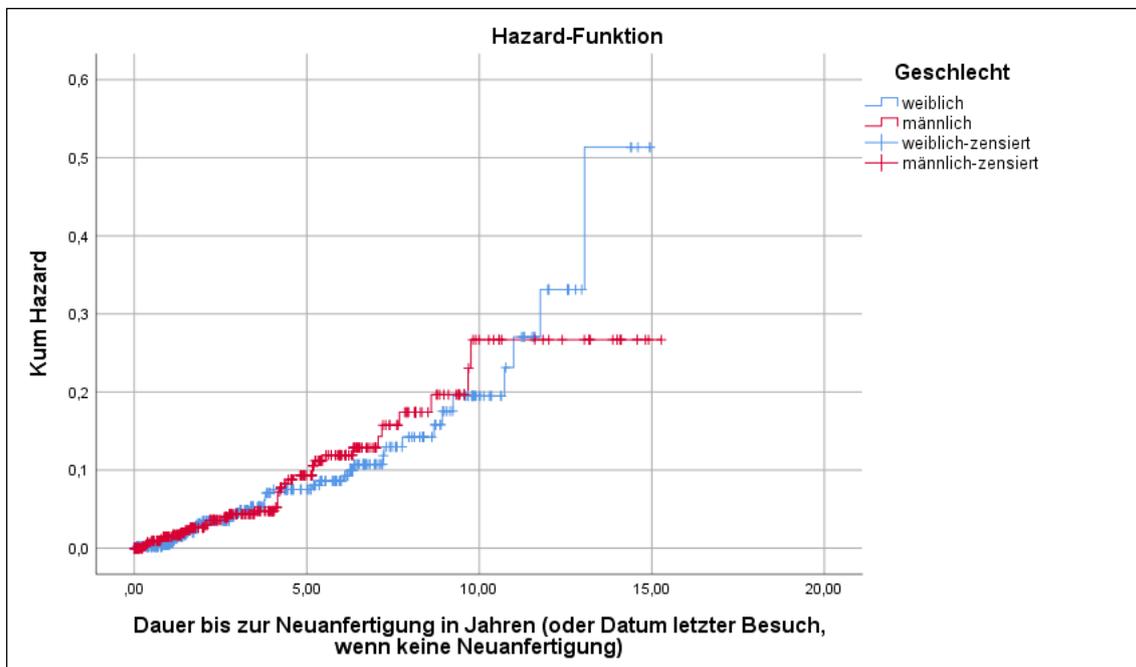


Abb. 5.4 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Patiengeschlecht“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Kiefer

Für die Auswertung der Überlebenszeiten von Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung in Abhängigkeit von dem Kiefer zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) bezüglich der beiden Vergleichsgruppen (Oberkiefer=OK und Unterkiefer=UK).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-4 lässt sich entnehmen, dass die Einzelzahnkronen im Mittel 12,6 Jahre im Oberkiefer und 13,2 Jahre im Unterkiefer in Funktion waren.

Tab. 5-4 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Kiefer, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Kiefer	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
OK	548	507	12,615	0,371	11,889	13,342
UK	448	415	13,191	0,361	12,485	13,898
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Die kumulative 5-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen lag für den Oberkiefer bei 91,8% und für den Unterkiefer bei 92,2%. Die kumulative 10-J-ÜR wurde mit 80,0% im OK und 79,6% im UK ausgegeben.

Im Oberkiefer erfolgte eine Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 6,4 Jahren, die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde nicht unterschritten. Im Unterkiefer wurde die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit ebenfalls nicht unterschritten, während die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit nach 6,1 Jahren unterschritten wurde.

In der Studie traten insgesamt 41 Neuanfertigungen im Oberkiefer auf. Die erste erfolgte dabei nach 0,9 Monaten, also nach 27 Tagen. Im Unterkiefer wurden 33 Neuanfertigungen durchgeführt, wobei hier die erste nach etwa 3,2 Monaten, also 98 Tagen, auftrat.

Eine graphische Darstellung der Überlebenszeitanalyse in Abhängigkeit von dem Kiefer ist Abb. 5.5 zu entnehmen. Die darauf folgende Abb. 5.6 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug zum jeweiligen Kiefer an.

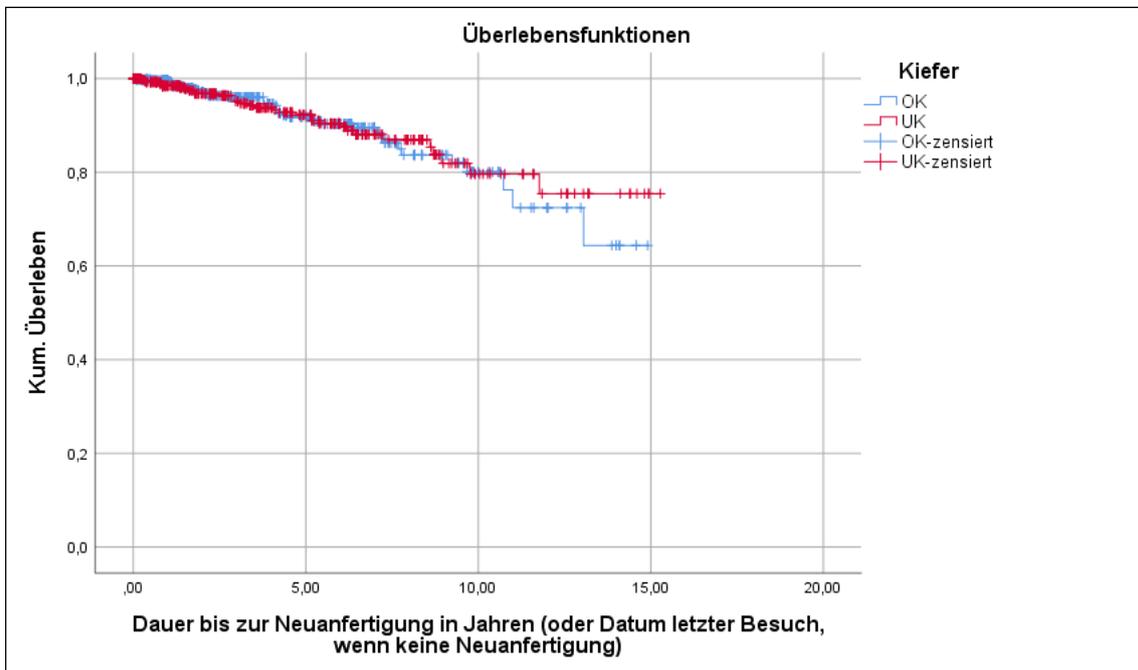


Abb. 5.5 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

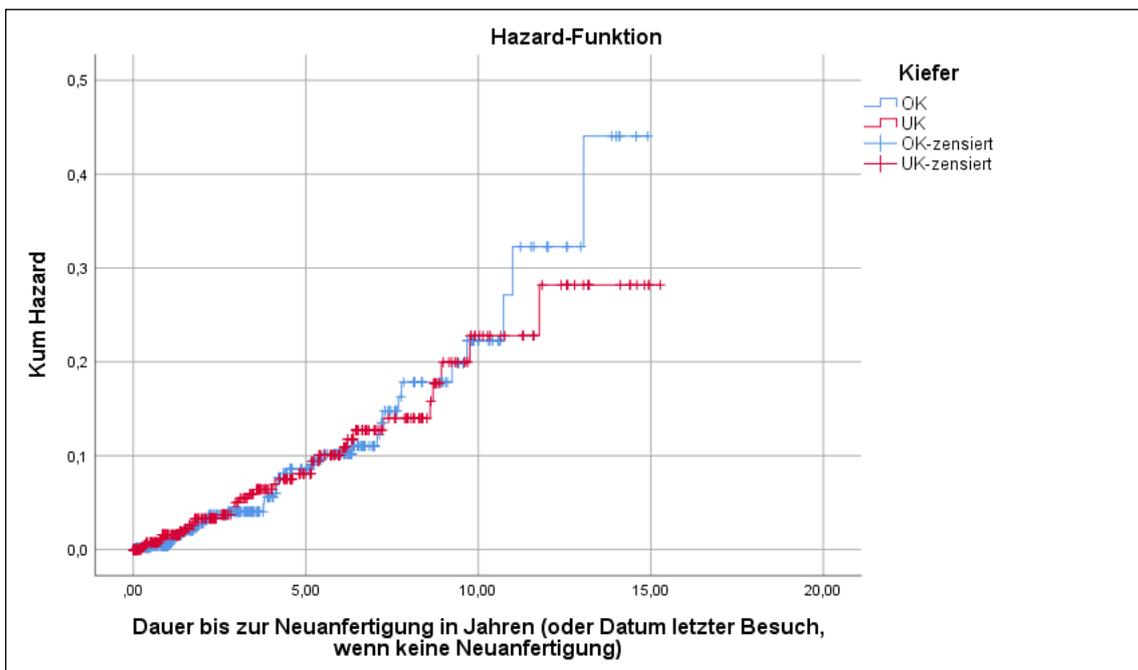


Abb. 5.6 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Verweildauer von Frontzahnkronen gegenüber Seitenzahnkronen im Breslow- und Tarone-Ware-Test ($p < 0,05$). Der Log-Rank-Test zeigte keine Signifikanz ($p > 0,05$) bezüglich der Gegenüberstellung beider Vergleichsgruppen (Frontzahn=FZ und Seitenzahn=SZ).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-5 lässt sich ableiten, dass sowohl Einzelzahnkronen aus der Frontzahnregion als auch die aus der Seitenzahnregion im Mittel 12,9 Jahre in Funktion waren.

Tab. 5-5 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb eines Kiefers, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Lokalisation innerhalb des Kiefers	<i>Mittelwert</i>					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
FZ	280	266	12,856	0,553	11,771	13,940
SZ	716	656	12,869	0,304	12,273	13,465
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Der Wert der kumulativen 5-J-ÜR für Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen in der FZ-Region lag bei 94,8%, der der SZ-Region bei 90,7%. Die 10-J-ÜR betrug jeweils 84,5 % im FZ-Bereich und 78,2% im SZ-Bereich. Bei den FZ erfolgte eine Unterschreitung der 90%-Verweilwahrscheinlichkeit nach 7,8 Jahren, die 50%-Verweilwahrscheinlichkeit wurde nicht unterschritten. Bei den SZ wurde die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit ebenfalls nicht unterschritten, während die 90%-ige nach 5,2 Jahren unterschritten wurde.

Innerhalb des gesamten Beobachtungszeitraums wurden 14 Neuanfertigungen im FZ-Bereich und 60 Neuanfertigungen im SZ-Bereich durchgeführt. Die erste FZ-Neuversorgung erfolgte nach 12,3 Monaten, also nach 373 Tagen, die erste SZ-Neuversorgung trat nach etwa 0,9 Monaten, also 27 Tagen, auf.

Im Folgenden zeigt Abb. 5.7 eine graphische Darstellung der Überlebensfunktion sowie Abb. 5.8 das dazugehörige Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Abhängigkeit von der Front- oder Seitenzahnregion.

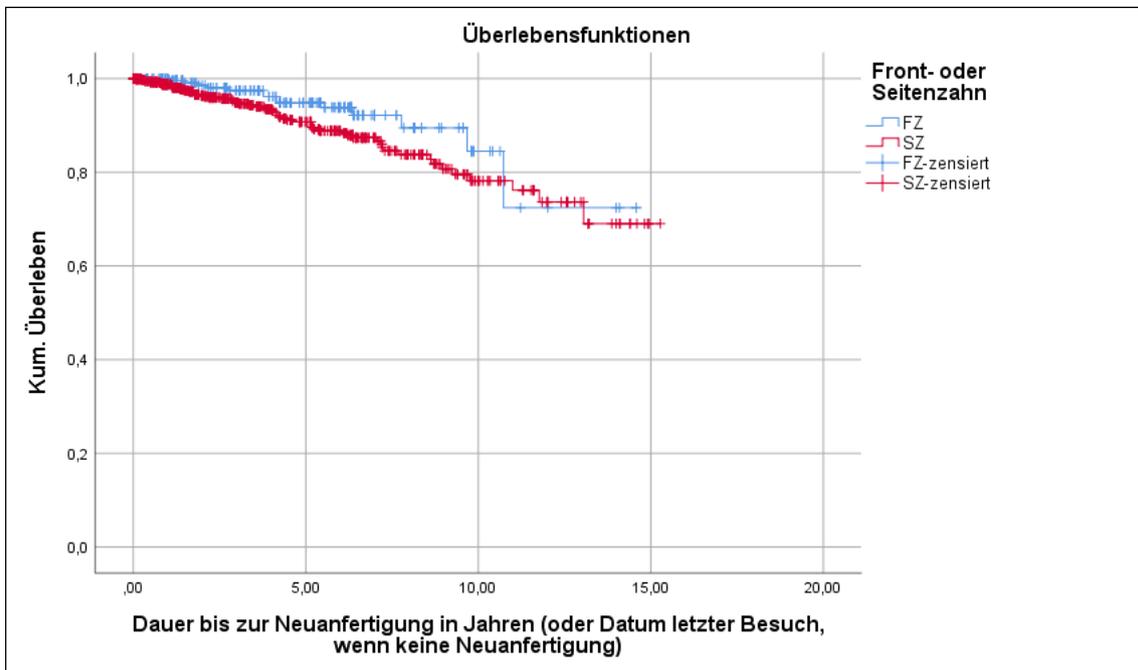


Abb. 5.7 Überlebensfunktion der Einzelzahnkrone differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

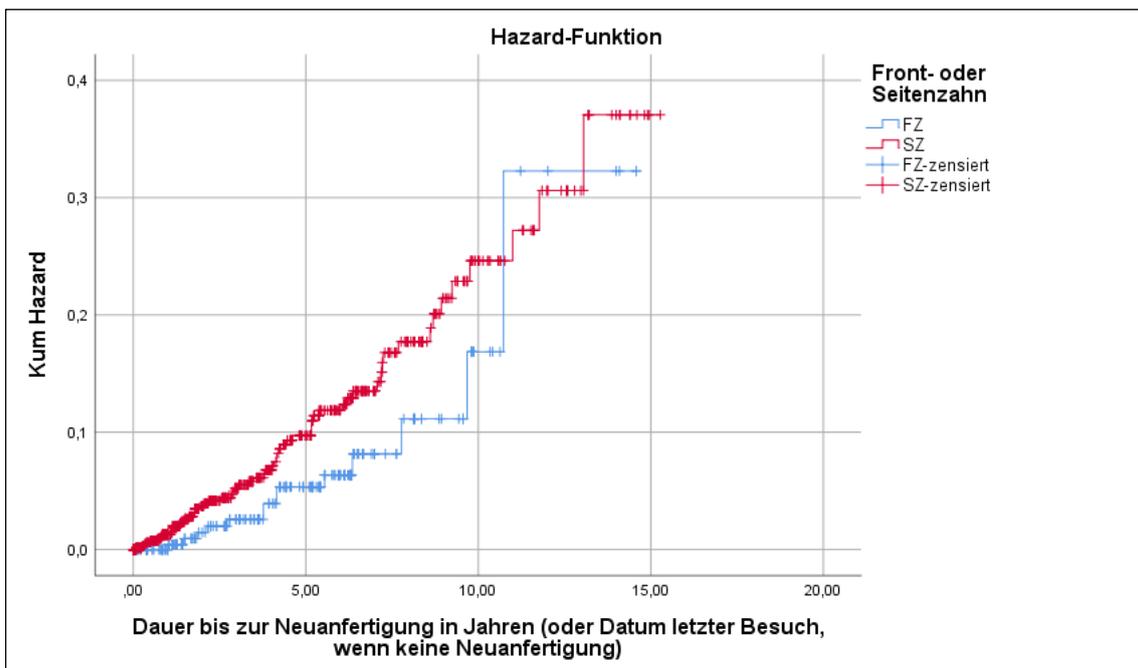


Abb. 5.8 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkrone differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Ausführungsart

Der ermittelte Unterschied in der Überlebenszeit der Einzelzahnkrone bis zur Neuversorgung in Abhängigkeit von der Ausführungsart war nicht signifikant ($p > 0,05$).

Monolithische Einzelzahnkronen waren im Mittel 13,1 Jahre, vollverblendete Einzelzahnkronen 12,8 Jahre und teilverblendete Einzelzahnkronen 11,5 Jahre in Funktion (Tab. 5-6).

Tab. 5-6 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Ausführungsart, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Ausführungsart	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
monolithisch	180	165	13,085	0,528	12,050	14,120
vollverblendet	734	685	12,834	0,343	12,162	13,505
teilverblendet	82	72	11,542	0,808	9,958	13,126
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Hinsichtlich der kumulativen 5- bzw. 10-J-ÜR wiesen monolithische Einzelzahnkronen Werte von 90,5% bzw. 77,9%, vollverblendete Einzelzahnkronen von 92,3% bzw. 81,9% und teilverblendete Einzelzahnkronen von 91,1% bzw. 70,2% auf.

Es zeigte sich, dass die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit bei monolithischen und teilverblendeten Einzelzahnkronen nach 5,2 Jahren und bei vollverblendeten Einzelzahnkronen nach 7,1 Jahren unterschritten wurde. Es zeigte sich bei keiner der drei Ausführungsarten eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit.

Insgesamt wurden 15 monolithische, 49 vollverblendete und 10 teilverblendete Einzelzahnkronen neuangefertigt. Die erste Neuanfertigung bei monolithisch gefertigten Einzelzahnkronen lag bei etwa 4,4 Monaten, das entsprach 134 Tagen. Bei vollverblendeten Einzelzahnkronen trat die erste Neuanfertigung nach 0,9 Monaten (=28 Tagen) und bei teilverblendeten Einzelzahnkronen nach 24 Monaten (=741 Tagen) auf.

Abb. 5.9 zeigt die Überlebenszeitkurve in Abhängigkeit von der Ausführungsart. Abb. 5.10 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkronen in Bezug zur Ausführungsart an.

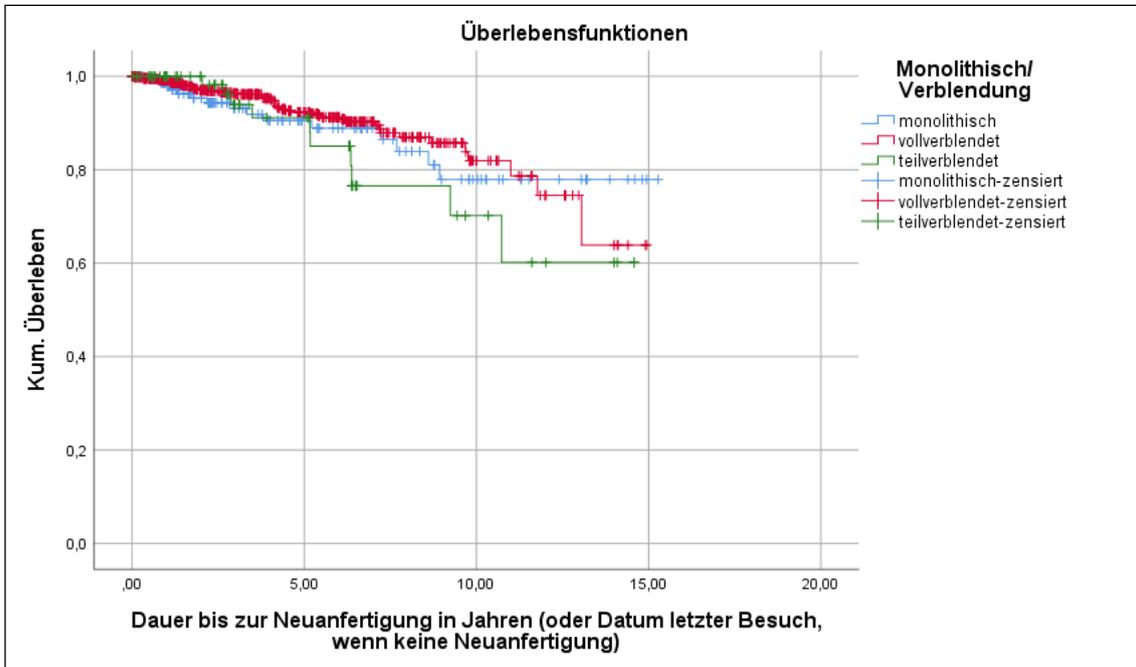


Abb. 5.9 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

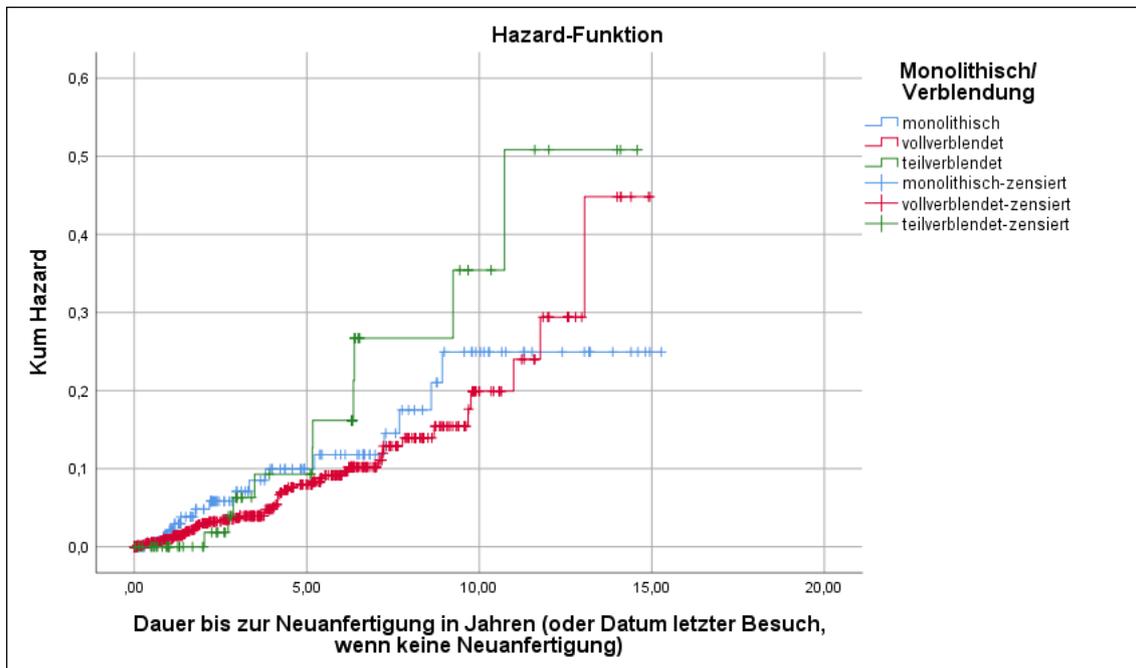


Abb. 5.10 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Werkstoff

In Bezug auf den Werkstoff fand sich im Vergleich kein signifikanter Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur Neuversorgung ($p > 0,05$).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-7 lässt sich entnehmen, dass Einzelzahnkronen aus Lithiumdisilikatkeramik/Lithiumsilikatkeramik im Mittel 6,4 Jahre im Mittel in Funktion waren. Zirkoniumdioxidkeramik waren im Mittel 11,5 Jahre, Edelmetallkronen 12,5 Jahre und Nichtedelmetallkronen 12,9 Jahre in Funktion (Tab. 5-7).

Tab. 5-7 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95 %-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Werkstoff, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Werkstoff	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Lithiumdisilikatkeramik/ Lithiumsilikatkeramik	24	23	6,359	0,289	5,793	6,925
Zirkoniumdioxidkeramik	373	350	11,525	0,219	11,095	11,955
Edelmetall	208	176	12,468	0,426	11,633	13,304
Nichtedelmetall	393	373	12,889	0,389	12,127	13,650
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Aus der im Folgenden aufgeführten Tab. 5-8 lässt sich die kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR für den jeweiligen Werkstoff entnehmen.

Tab. 5-8 Kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR in Abhängigkeit von dem Werkstoff

Werkstoff	5-J-ÜR	10-J-ÜR
Lithiumdisilikatkeramik/ Lithiumsilikatkeramik	94,7%	-
Zirkoniumdioxidkeramik	93,0%	86,2%
Edelmetall	90,6%	73,6%
Nichtedelmetall	91,3%	84,4%

Weder die 90%-ige noch die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde bei Einzelzahnkronen aus Lithiumdisilikatkeramik/Lithiumsilikatkeramik unterschritten. Zirkoniumdioxidkeramikronen zeigten nach 7,8 Jahren bzw. Edelmetallkronen nach 5,2 Jahren und Nichtedelmetallkronen nach 6,4 Jahren eine Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit. Eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit erfolgte weder bei Lithiumdisilikatkeramik/Lithiumsilikatkeramik- noch bei Edelmetall- und Nichtedelmetallkronen

Die Ergebnisse zeigten, dass die einzige Neuanfertigung bei Lithiumdisilikatkeramikronen/Lithiumsilikatkeramikronen nach 12,1 Monaten (=368 Tagen) auftrat. Bei Einzelzahnkronen aus einer Zirkoniumdioxidkeramik musste nach etwa 0,9 Monaten (=28 Tagen) die erste von insgesamt 23 Neuanfertigungen durchgeführt werden, bei Edelmetallkronen (insgesamt 32 Neuanfertigungen) nach etwa 3,7 Monaten (=114 Tagen) und bei Nichtedelmetallkronen (insgesamt 20 Neuanfertigungen) nach etwa 5,9 Monaten (=181 Tagen).

Die dazugehörige graphische Darstellung der Überlebenszeiten (Abb. 5.11) und das Verlustrisiko (Abb. 5.12), jeweils in Abhängigkeit von dem verwendeten Werkstoff, sind im Folgenden dargestellt.

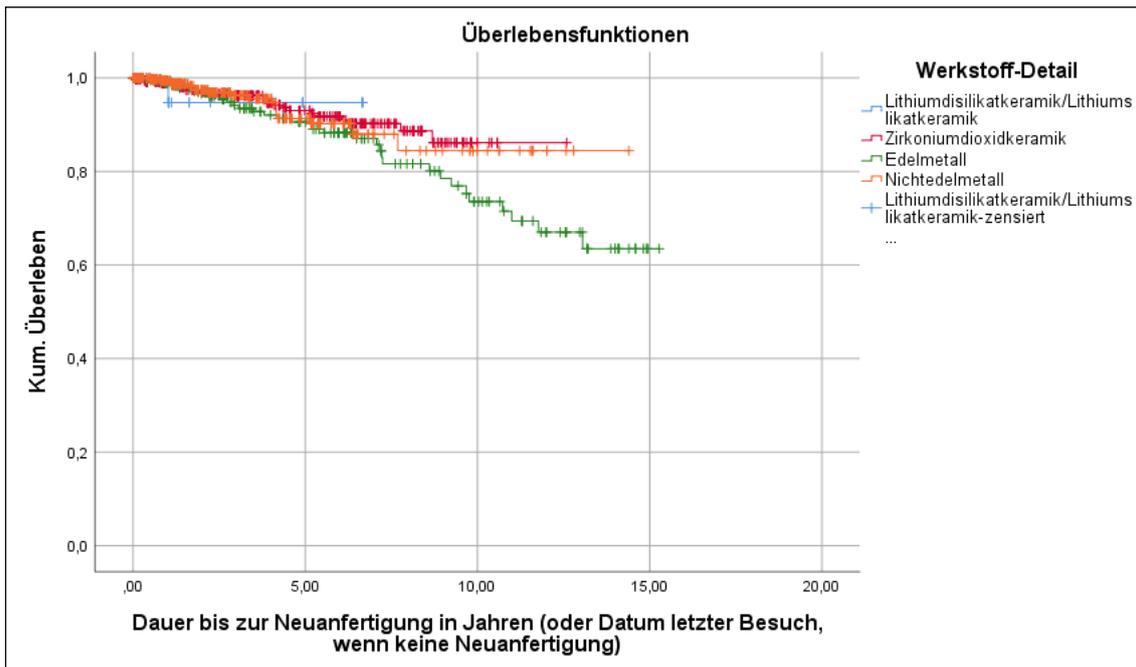


Abb. 5.11 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

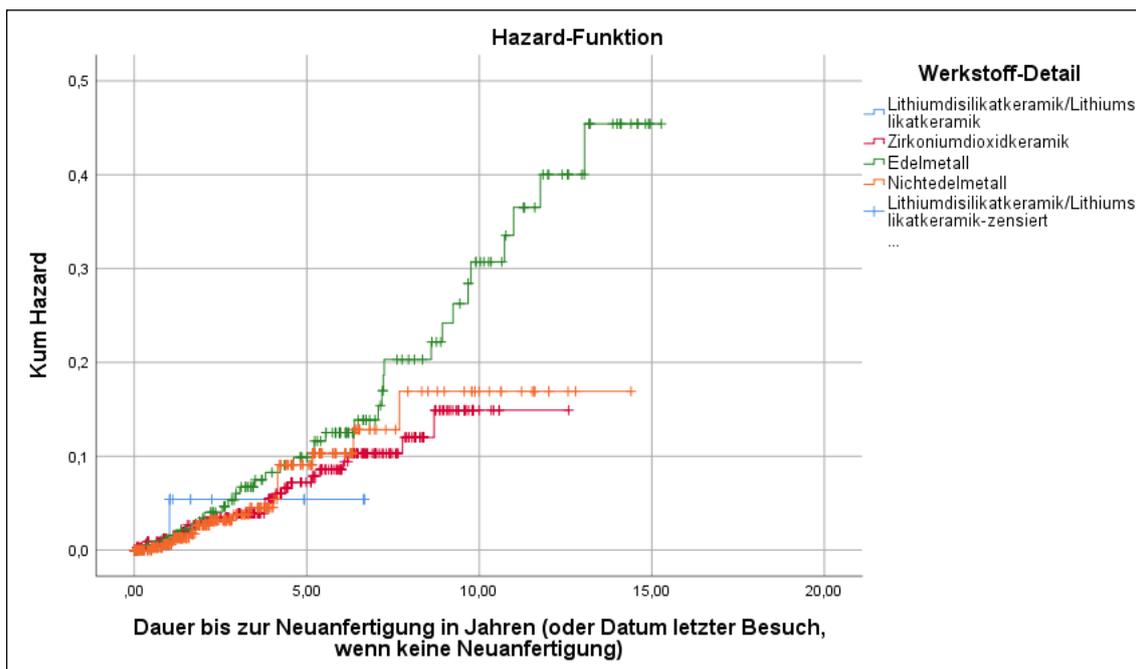


Abb. 5.12 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Befestigung

In Bezug auf die Unterscheidung zwischen konventionell eingesetzten und adhäsiv eingesetzten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur Neuanfertigung ($p > 0,05$).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-9 wird ersichtlich, dass Einzelzahnkronen, welche konventionell befestigt wurden, im Mittel 13,0 Jahre und adhäsiv befestigte Einzelzahnkronen im Mittel 8,8 Jahre in Funktion waren.

Tab. 5-9 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Befestigung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Befestigung	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
konventionell	909	839	13,034	0,268	12,510	13,559
adhäsiv	87	83	8,757	0,914	6,965	10,548
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Bei den 909 konventionell befestigten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigte sich eine 5-J-ÜR von 91,6% bzw. 10-J-ÜR von 79,9%. Bei adhäsiv befestigten Einzelzahnkronen betragen diese 95,7% bzw. 47,8%. Die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde bei der konventionellen Befestigungsart nach 5,5 Jahren, bei der Adhäsivtechnik nach 7,8 Jahren unterschritten. Bei der konventionellen Befestigung erfolgte keine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit, bei der adhäsiven Befestigung nach 7,8 Jahren.

Innerhalb der Beobachtungszeit mussten 70 konventionell befestigte und vier adhäsiv befestigte Einzelzahnkronen neuangefertigt werden. Eine erste Neuanfertigung erfolgte nach 0,9 Monaten bzw. 28 Tagen bei konventionell und nach etwa 7,5 Monaten (=228 Tagen) bei den adhäsiv befestigten Einzelzahnkronen.

Die unten aufgeführte Abb. 5.13 zeigt eine graphische Darstellung der Überlebenszeitanalyse in Abhängigkeit von der Befestigung. Weiterhin ist das Verlustrisiko bezogen auf die Befestigung in Abb. 5.14 veranschaulicht dargestellt.

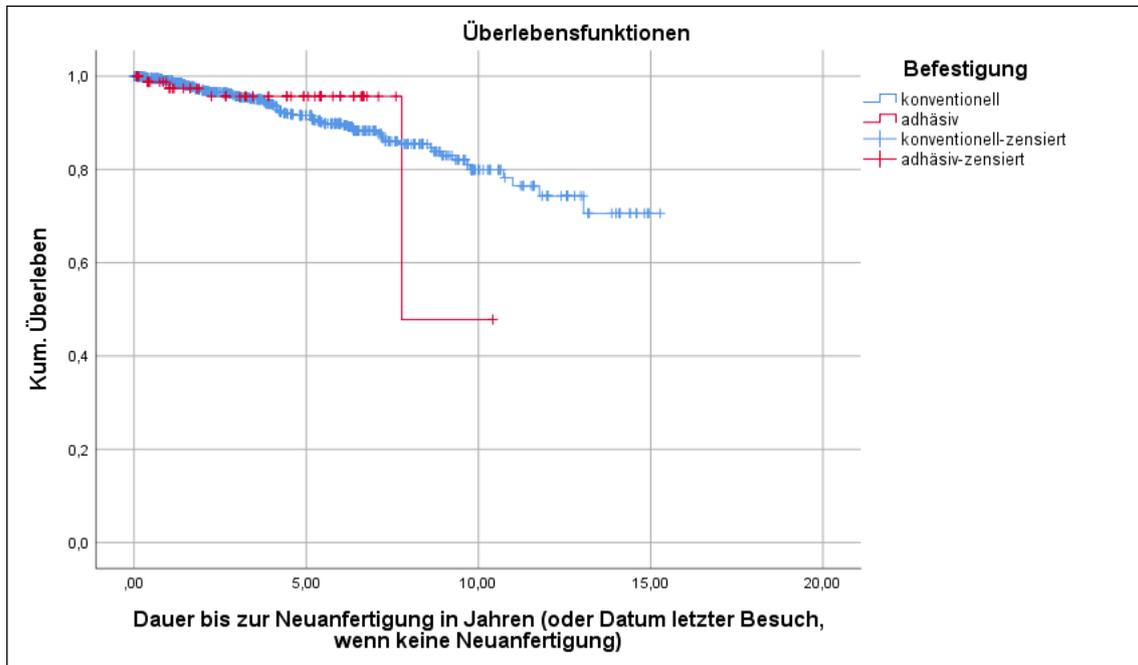


Abb. 5.13 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

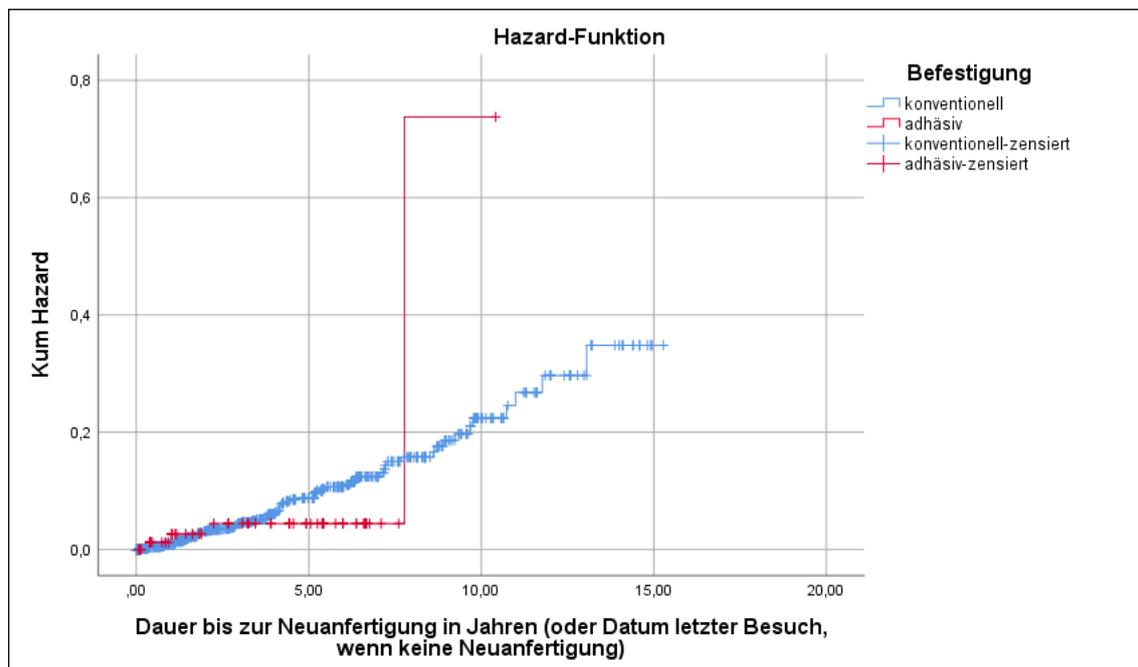


Abb. 5.14 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von einer Stiftversorgung

Bezüglich des Vergleichs von Einzelzahnkronen ohne und mit einer Stiftversorgung zeigte sich in allen drei statistischen Tests (Log-Rank-, Breslow- und Tarone-Ware-Test) eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen ohne Stiftversorgung ($p < 0,05$).

Tab. 5-10 zeigt, dass die Einzelzahnkronen ohne Stift im Mittel über einen Zeitraum von 13,4 Jahre und diese mit Stift 11,7 Jahren in Funktion waren.

Tab. 5-10 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von einer Stiftversorgung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Stiftversorgung	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
nein	786	737	13,359	0,280	12,810	13,907
ja	210	185	11,699	0,661	10,404	12,994
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Die kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen lag bei Einzelzahnkronen ohne Stiftversorgung bei 94,0% bzw. 83,4%. Bei Patienten mit einer zuvor erfolgten Stiftversorgung des Pfeilerzahns betragen diese 84,6% bzw. 65,6%.

Nach 7,2 Jahren kam es bei Konstruktionen ohne Stiftversorgung zu einer Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit, nach 4,2 Jahren bei Einzelzahnkronen mit Stiftversorgung. Bezüglich der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit zeigte sich jedoch in beiden Vergleichsgruppen keine Unterschreitung.

Die erste von insgesamt 49 durchgeführten Neuanfertigungen bei Einzelzahnkronen ohne Stiftversorgung trat nach 0,9 Monaten (=28 Tage) auf. Einzelzahnkronen mit Stiftversorgung zeigten eine erste Neuversorgung nach 6,0 Monaten (=181,04 Tage). Dabei konnten traten insgesamt 25 Neuanfertigungen auf.

Die Überlebenskurve der Einzelzahnkronen mit und ohne Stiftversorgung (Abb. 5.15) sowie das entsprechende Verlustrisiko der Einzelzahnkronen (Abb. 5.16) ist im Folgenden dargestellt.

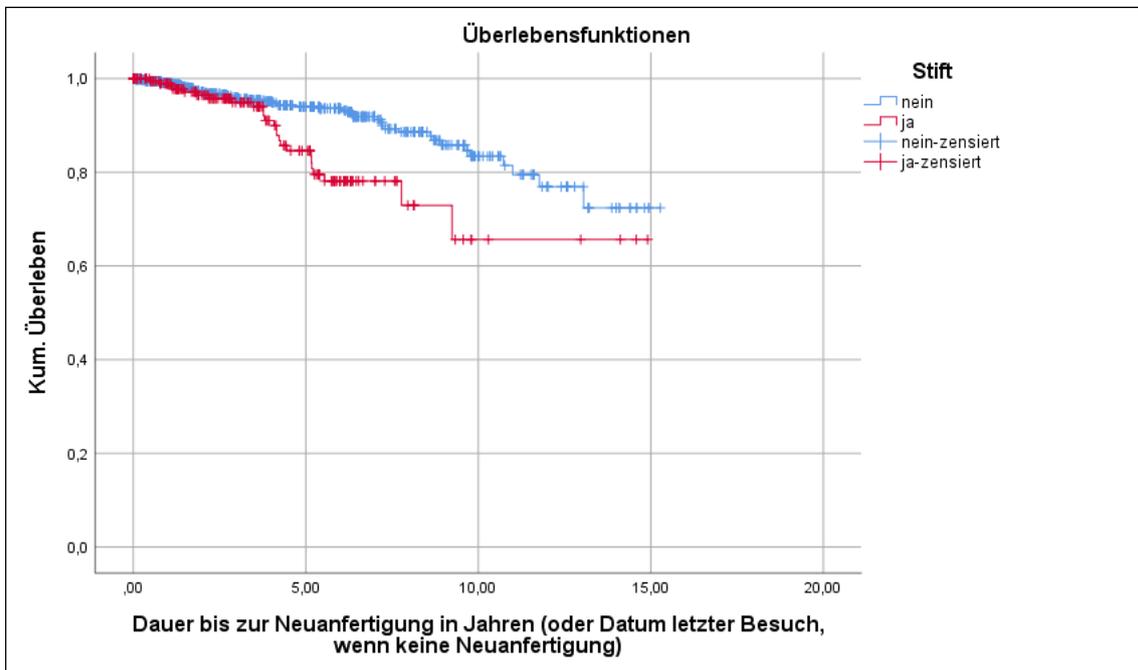


Abb. 5.15 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielergebnis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

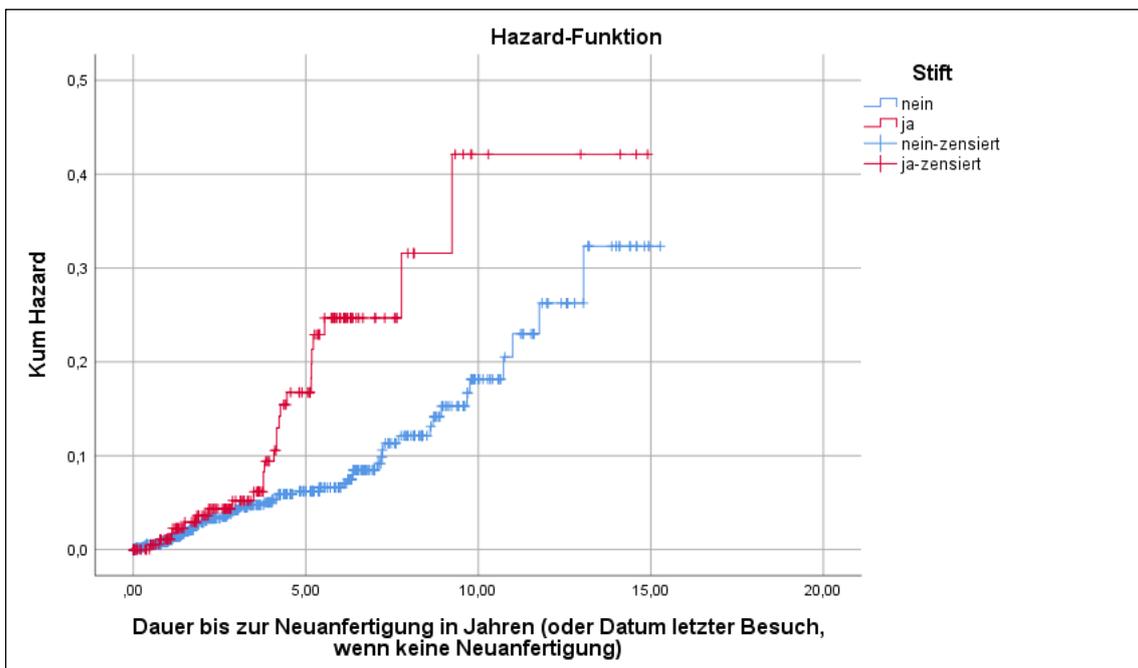


Abb. 5.16 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielergebnis: Neuanfertigung), n=996

5.1.1.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Stiftwerkstoff

Der modellierende Faktor „Stiftwerkstoff“ zeigte bei der Betrachtung der Gesamtpopulation keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Verweildauer der Einzelzahnkronen bis zur Neuversorgung.

Tab. 5-11 zeigt, dass Einzelzahnkronen mit hochgoldhaltigem Stift im Mittel über einen Zeitraum von 11,6 Jahre, mit Nichtedelmetallstift (NEM) über 9,1 Jahre und diese mit einem Glasfaserstift über 7,9 Jahre in Funktion waren.

Tab. 5-11 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenzintervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Stiftwerkstoff, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Stiftwerkstoff	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Hochgold	122	104	11,604	0,839	9,961	13,248
NEM	55	52	9,134	0,631	7,897	10,371
Glasfaser	33	29	7,873	0,750	6,402	9,344
Gesamt	210	185	11,699	0,661	10,404	12,994

Die Ergebnisse der kumulativen 5- bzw. 10-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigten Werte von 82,3% bzw. 64,1% für hochgoldhaltige Stifte, für Stifte aus Nichtedelmetall 90,4% bzw. 81,4% und für Glasfaserstifte 89,1% bzw. 40,5%.

Die Ergebnisse der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit der einzelnen Stiftwerkstoffe zeigten, dass hochgoldhaltige Stifte diese nach 4,1 Jahren, Stifte aus NEM nach 5,2 Jahren und Glasfaserstifte nach 4,2 Jahren unterschritten.

Es mussten insgesamt 18 Einzelzahnkronen mit hochgoldhaltigem Stift, drei Einzelzahnkronen mit NEM-Stift und vier Einzelzahnkronen mit Glasfaserstift neuangefertigt werden. Die erste Neuanfertigung bei hochgoldhaltigen Stiften erfolgte nach 9,0 Monaten (=273 Tagen), die erste bei den Stiften aus Nichtedelmetall nach 13,6 Monaten (=413 Tagen) und bei Glasfaserstiften nach 6,0 Monaten (=181 Tagen).

Eine graphische Darstellung der Überlebenskurve von Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung in Abhängigkeit von dem Werkstoff der Stiftversorgung ist im Folgenden auf-

geführt (Abb. 5.17). Abb. 5.18 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug auf die Werkstoffgruppe der Stiftversorgung an.

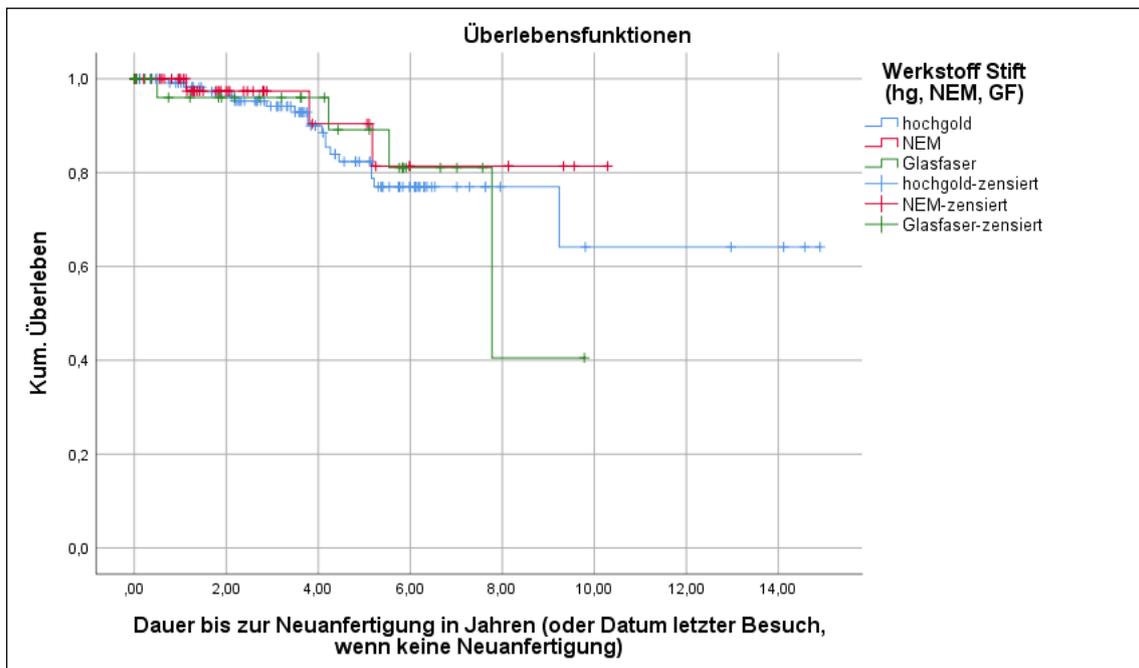


Abb. 5.17 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=210, Kaplan-Meier

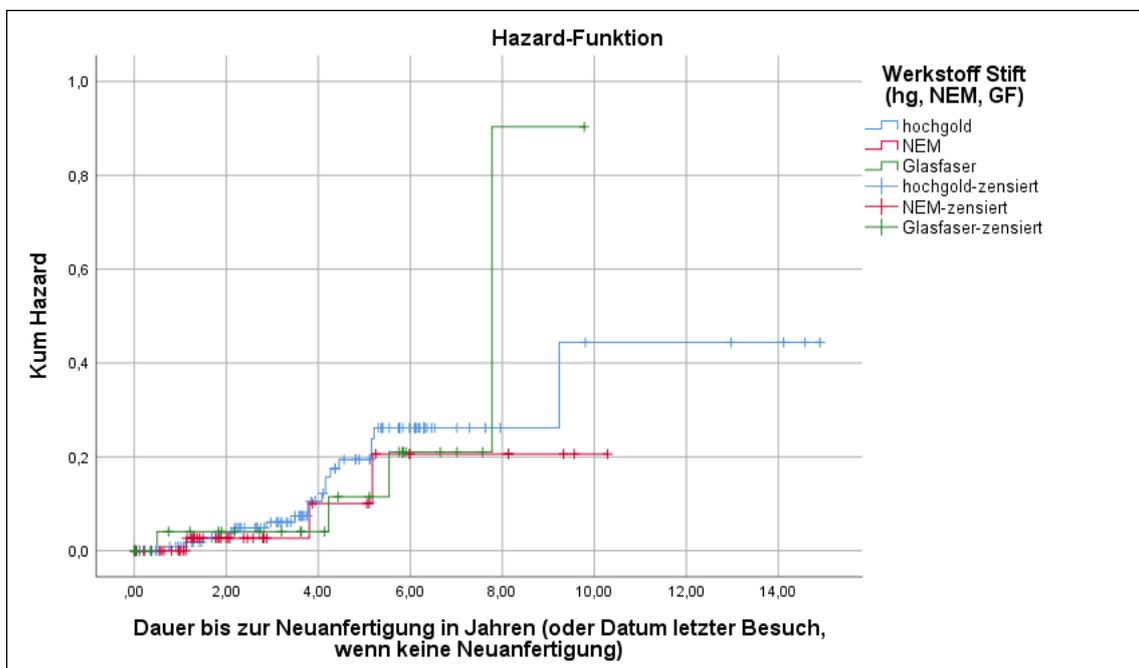


Abb. 5.18 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=210

5.1.1.10 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Gegenkieferbe-zahnung

Hinsichtlich der Gegenkieferbe-zahnung zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur ersten Neuversorgung ($p > 0,05$).

Die Zeit, in der die Einzelzahnkronen in Bezug auf die Gegenkieferbe-zahnung in Funktion waren, ist Tab. 5-12 zu entnehmen.

Tab. 5-12 Mittlere Überlebenszeiten in Abhängigkeit von der Gegenkieferbe-zahnung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Gegenkieferbe-zahnung	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
natürlicher Zahn	378	351	13,058	0,366	12,341	13,774
fest-sitzender ZE	438	404	13,013	0,366	12,295	13,732
herausnehmbarer ZE	110	101	10,424	0,493	9,457	11,390
implantatgetragener ZE	30	28	9,841	0,499	8,862	10,820
fehlend	40	38	9,732	0,562	8,630	10,834
Gesamt	996	922	13,058	0,263	12,542	13,574

Die zugehörige kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR ist in der im Folgenden aufgeführten Tab. 5-13 dargestellt.

Tab. 5-13 kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR in Abhängigkeit von der Gegenkieferbe-zahnung

Gegenkieferbe-zahnung	5-J-ÜR	10-J-ÜR
natürlichen Zahn	90,6%	80,0%
fest-sitzender ZE	93,1%	81,0%
herausnehmbarer ZE	92,7%	71,0%
implantatgetragener ZE	92,4%	92,4%
fehlend	89,2%	89,2%

Tab. 5-14 zeigt die Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit bezüglich der Bezahnung im Gegenkiefer. In keinem der Fälle zeigt sich eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit.

Tab. 5-14 Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit (in Jahren)

Gegenkieferbezahnung	Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit	Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit
natürlicher Zahn	6,1	-
feststehender ZE	6,4	-
herausnehmbarer ZE	7,2	-
implantatgetragener ZE	-	-
fehlend	3,1	-

Abb. 5.19 stellt die Überlebenszeitanalyse der Einzelzahnkronen in Abhängigkeit von der Gegenkieferbezahnung dar. Abb. 5.20 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug auf die Gegenkieferbezahnung an.

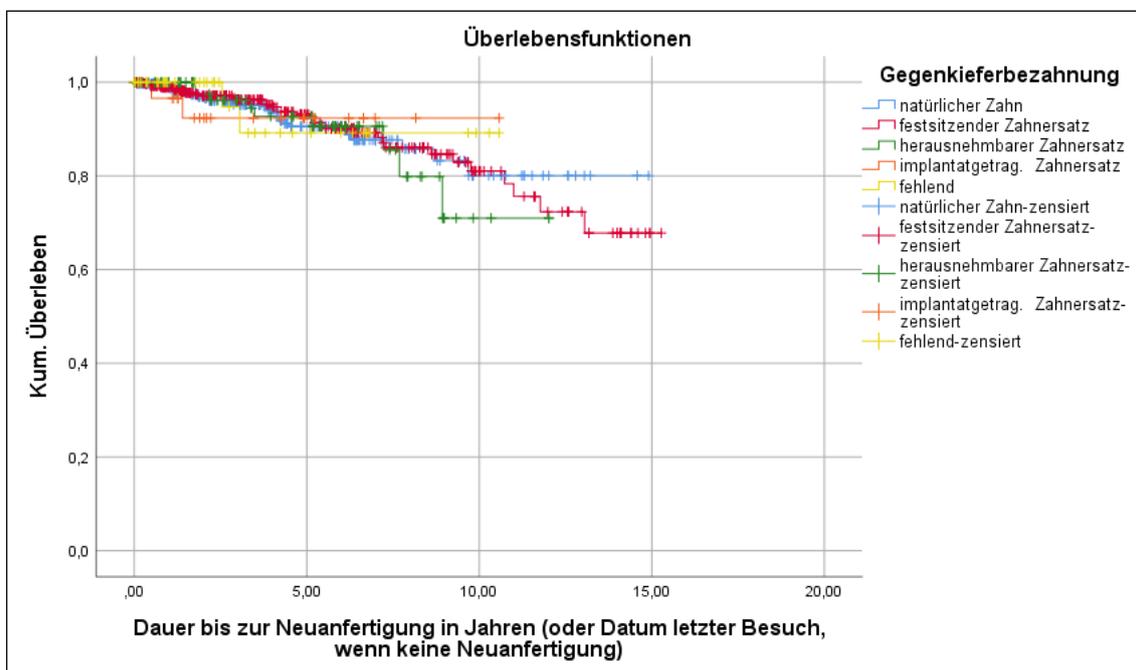


Abb. 5.19 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Gegenkieferbezahnung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier

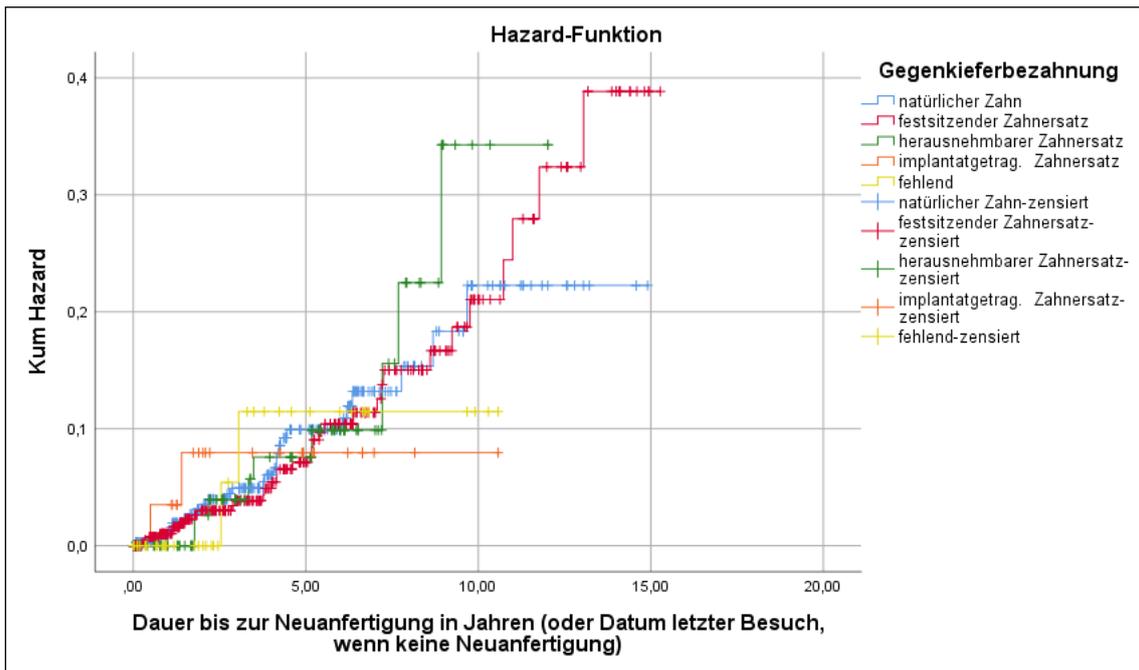


Abb. 5.20 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Gegenkieferbeziehung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996

5.1.2 Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis erste Maßnahme

Die mittlere Überlebenszeit aller Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme betrug 11,0 Jahre (Tab. 5-15).

Tab. 5-15 Mittlere Überlebenszeit inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler aller Einzelzahnkronen, Verweildaueranalyse (in Jahren).

<i>Mittelwert</i>			
Schätzer	Std.-Fehler	95%-Konfidenzintervall	
		Untere Grenze	Obere Grenze
11,025	0,295	10,447	11,604

Die Gesamtpopulation der Einzelzahnkronen mit dem Zielereignis erste Maßnahme zeigten bezüglich der 5- bzw. 10-J-ÜR Werte von 80,3% bzw. 63,3%. Die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde nach 1,9 Jahren unterschritten. Eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit fand nicht statt. Die erste Maßnahme erfolgte nach 0,08 Monaten (=2 Tagen).

Folgend sind die Überlebenskurve sowie das dazugehörige Verlustrisiko zur Veranschaulichung dargestellt (Abb. 5.21 und 5.22).

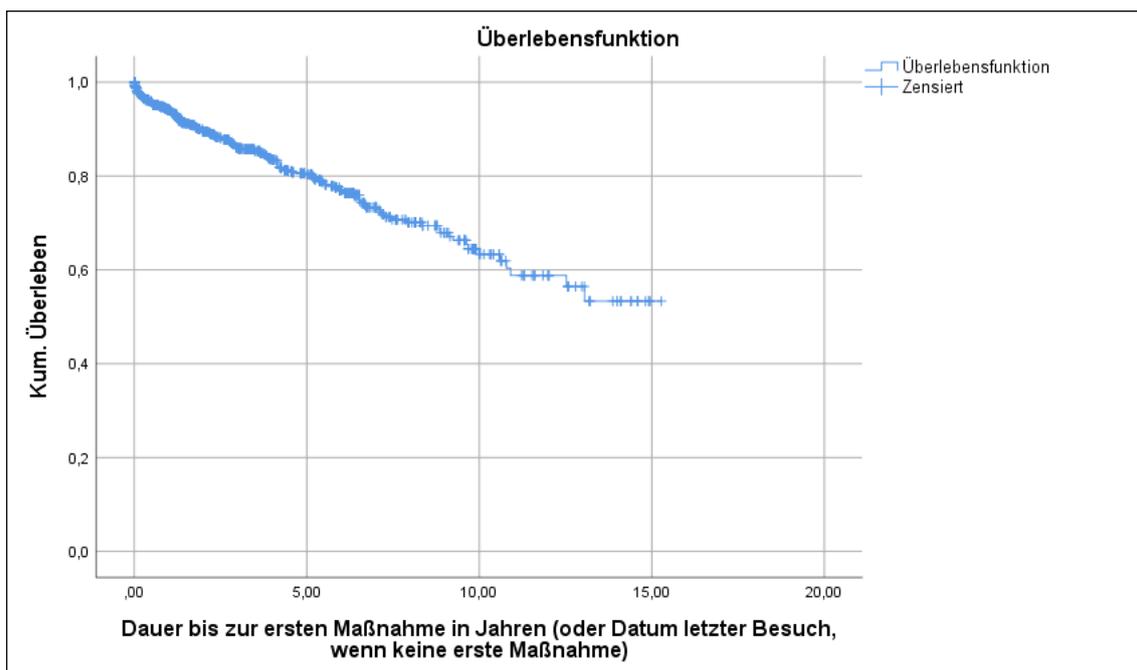


Abb. 5.21 Überlebensfunktion aller Einzelzahnkronen (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

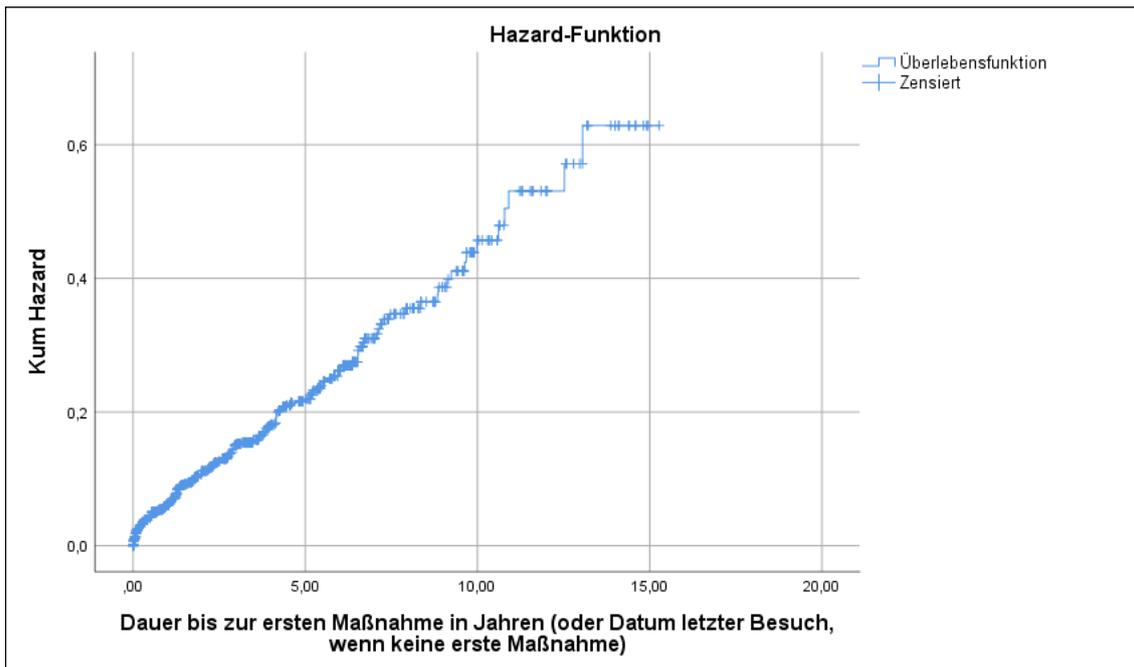


Abb. 5.22 Kumulative Hazard-Funktion aller untersuchten Einzelzahnkronen (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.1 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Patientenalter

Hinsichtlich des Alters zeigte sich keine Signifikanz bezüglich der Überlebenszeit der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme ($p > 0,05$).

5.1.2.2 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht

Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Geschlecht des Patienten ($p > 0,05$).

Die mittlere Überlebenszeit von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen für Frauen und Männer ist in Tab. 5-16 dargestellt. Diese wurde bei den Frauen mit 10,7 Jahren, die der Männer mit 11,1 Jahren ausgegeben.

Tab. 5-16 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Geschlecht	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standard- fehler	95 %-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
weiblich	526	428	10,676	0,397	9,898	11,454
männlich	470	393	11,125	0,441	10,261	11,989
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Die kumulative 5-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen bis zur ersten Maßnahme betrug bei den weiblichen Patienten 79,8% und bei den männlichen Patienten 80,8%. Die kumulative 10-J-ÜR zeigte Werte von 63,8% bei den weiblichen und 62,2% bei den männlichen Patienten. Eine Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit bei den Frauen erfolgte nach 1,3 Jahren bzw. 13,1 Jahren. Bei den Männern erfolgte die Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 2,8 Jahren und keine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit.

Insgesamt mussten 102 erste Maßnahmen bei den Frauen und 77 erste Maßnahmen bei den Männern ergriffen werden. Die erste erforderliche Maßnahme wurde bei den Frauen etwa nach 0,2 Monaten, also nach 7 Tagen, ergriffen, die erste Maßnahme bei den Männern nach etwa 0,09 Monaten, also 3 Tagen.

Abb. 5.23 zeigt eine graphische Darstellung der Überlebenszeitanalyse in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht. Zudem ist das Verlustrisiko bezogen auf das Geschlecht des Patienten in Abb. 5.24 veranschaulicht dargestellt.

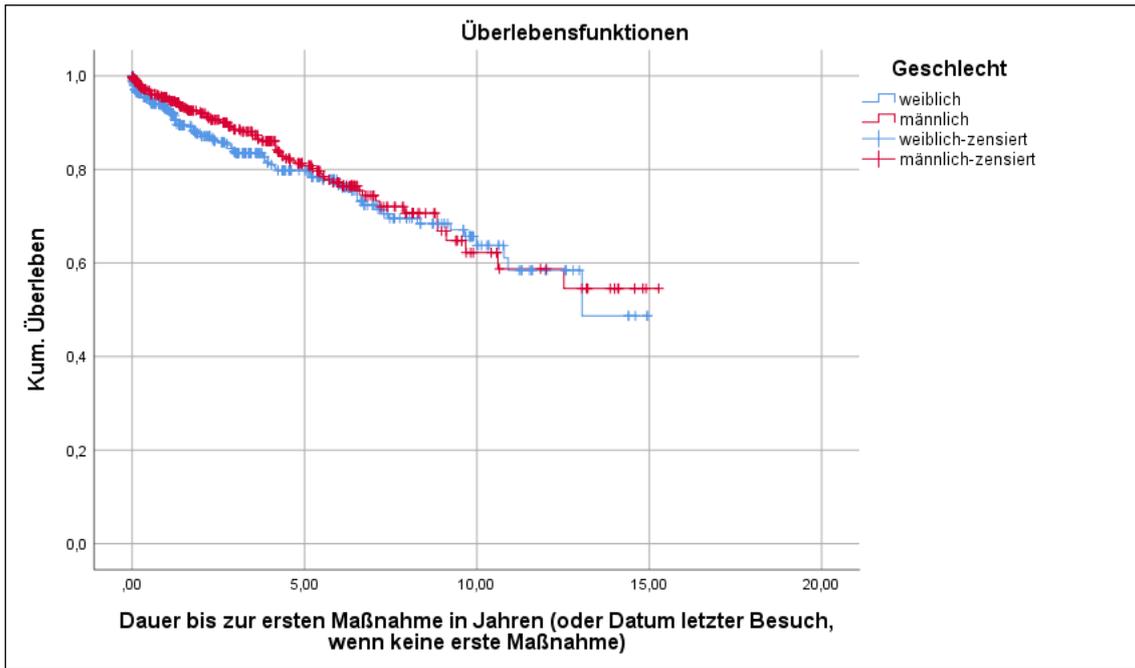


Abb. 5.23 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Patientengeschlecht“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

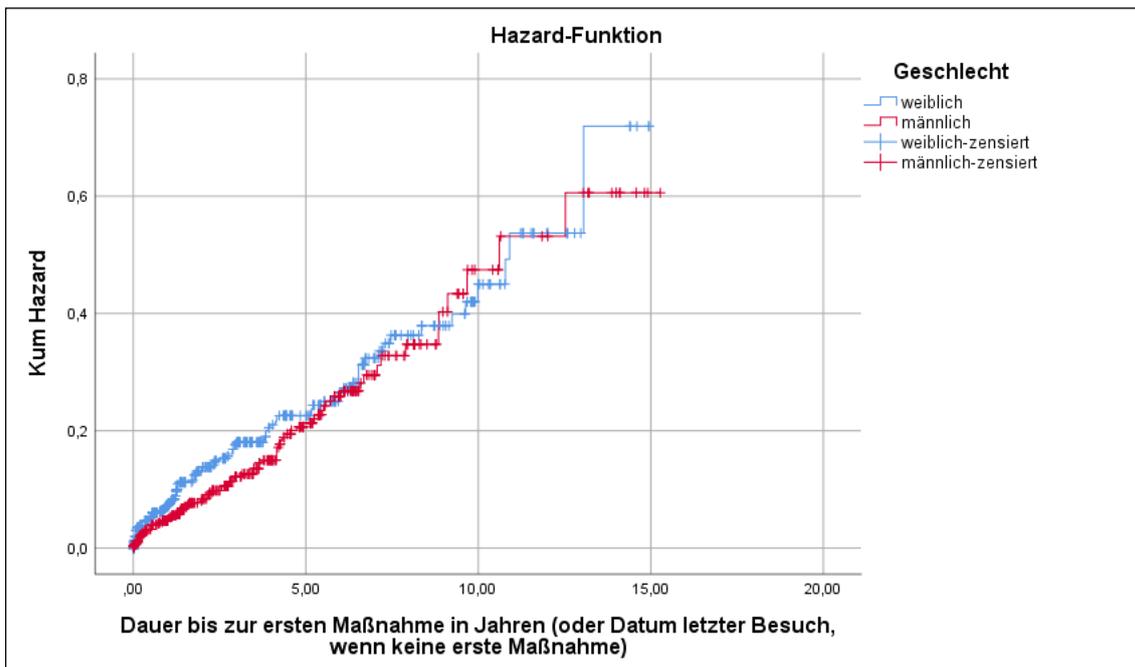


Abb. 5.24 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Patientengeschlecht“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.3 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Kiefer

Für die Auswertung der Überlebenszeiten von Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Kiefer zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$) bezüglich der beiden Vergleichsgruppen (Oberkiefer=OK und Unterkiefer=UK).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-17 lässt sich entnehmen, dass die Einzelzahnkronen im Mittel 10,7 Jahre im Oberkiefer und 11,1 Jahre im Unterkiefer in Funktion waren.

Tab. 5-17 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Kiefer, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Kiefer	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
OK	548	454	10,697	0,394	9,925	11,470
UK	448	367	11,136	0,419	10,315	11,956
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Die kumulative 5-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen lag für den Oberkiefer bei 80,6% und für den Unterkiefer bei 80,0%. Die kumulative 10-J-ÜR wurde mit 62,7% im Oberkiefer und 63,8% im Unterkiefer ausgegeben. Im Oberkiefer erfolgte eine Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 2,4 Jahren, die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde nach 13,1 Jahren unterschritten. Im Unterkiefer wurde die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit nicht unterschritten, während die 90%-ige nach 1,4 Jahren unterschritten wurde.

Von insgesamt 94 ergriffenen Maßnahmen im Oberkiefer erfolgte die erste nach 0,2 Monaten, also nach 9 Tagen. Im Unterkiefer wurden 81 prothetische Maßnahmen durchgeführt, wobei hier die erste nach etwa 1,0 Monaten, also 29 Tagen, auftrat.

Eine graphische Darstellung der Überlebenszeitanalyse in Abhängigkeit von dem Kiefer ist Abb. 5.25 zu entnehmen. Die im Folgenden aufgeführte Abb. 5.26 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug auf den Kiefer an.

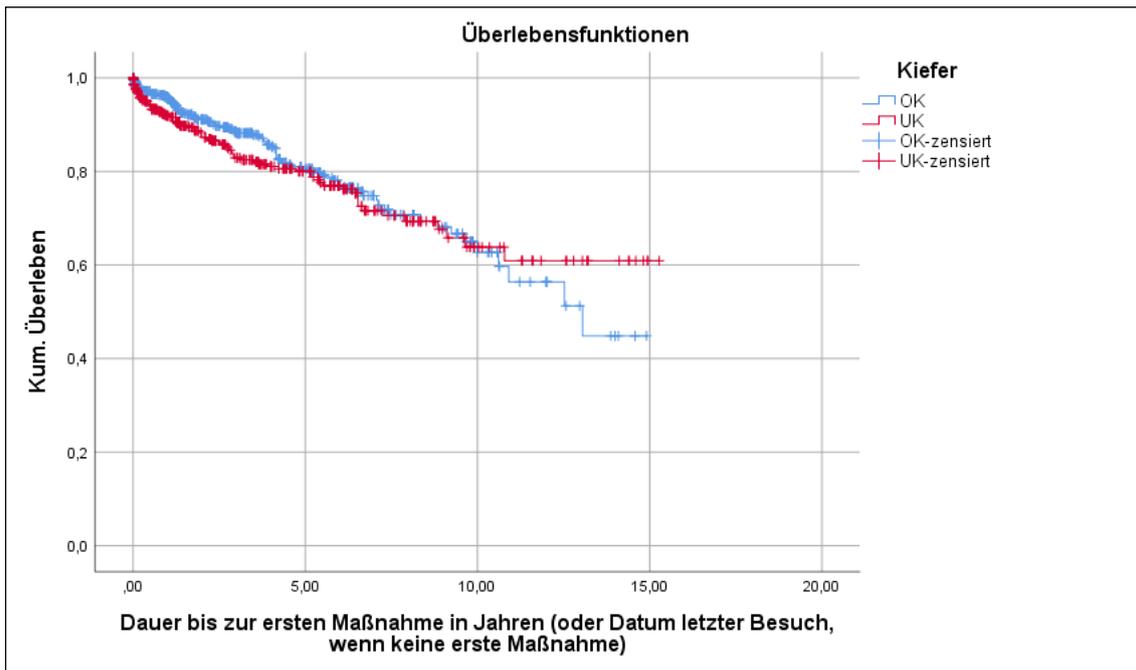


Abb. 5.25 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

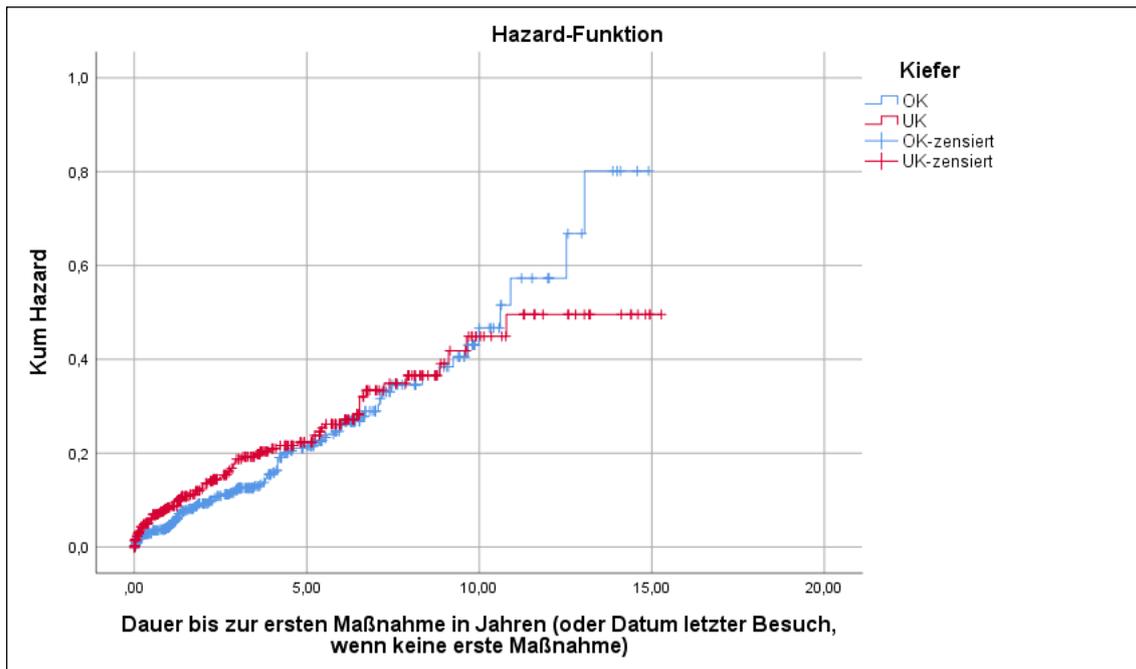


Abb. 5.26 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.4 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers

Der Breslow-Test zeigte einen signifikanten Unterschied in der Verweildauer bis zur ersten Maßnahme von Einzelzahnkronen im FZ- und SZ-Bereich ($p < 0,05$). Der Log-Rank- und Tarone-Ware-Test fiel bei der Gegenüberstellung beider Vergleichsgruppen nicht signifikant aus ($p > 0,05$).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-18 lässt sich ableiten, dass die Einzelzahnkronen im Mittel 11,0 Jahre in der FZ-Region und 10,8 Jahre in der SZ-Region bis zur ersten Maßnahme in Funktion waren.

Tab. 5-18 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Lokalisation innerhalb des Kiefers	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
FZ	280	238	10,986	0,564	9,880	12,091
SZ	716	583	10,831	0,341	10,162	11,500
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Der Wert der kumulativen 5-J-ÜR für Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen im FZ-Bereich lag bei 81,9% und für den SZ-Bereich bei 79,7%. Die kumulative 10-J-ÜR betrug jeweils 63,2% bei den FZ und 62,2% bei den SZ. Im FZ-Bereich erfolgte eine Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 2,6 Jahren, die 50%-ige Verweilwahrscheinlichkeit wurde nach 12,5 Jahren unterschritten. Im SZ-Bereich wurde die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit ebenfalls nicht unterschritten, während die 90%-ige nach 1,8 Jahren unterschritten wurde.

Innerhalb des gesamten Beobachtungszeitraums wurden 42 erste Maßnahmen bei den FZ ergriffen, wobei die erste nach 12,3 Monaten (= 373 Tagen) erfolgte. Bei den SZ wurden 133 erste Maßnahmen durchgeführt. Dabei war die erste nach 0,9 Monaten, also 28 Tagen, notwendig.

Im Folgenden zeigt Abb. 5.27 eine graphische Darstellung der Überlebensfunktion sowie Abb. 5.28 das dazugehörige Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers.

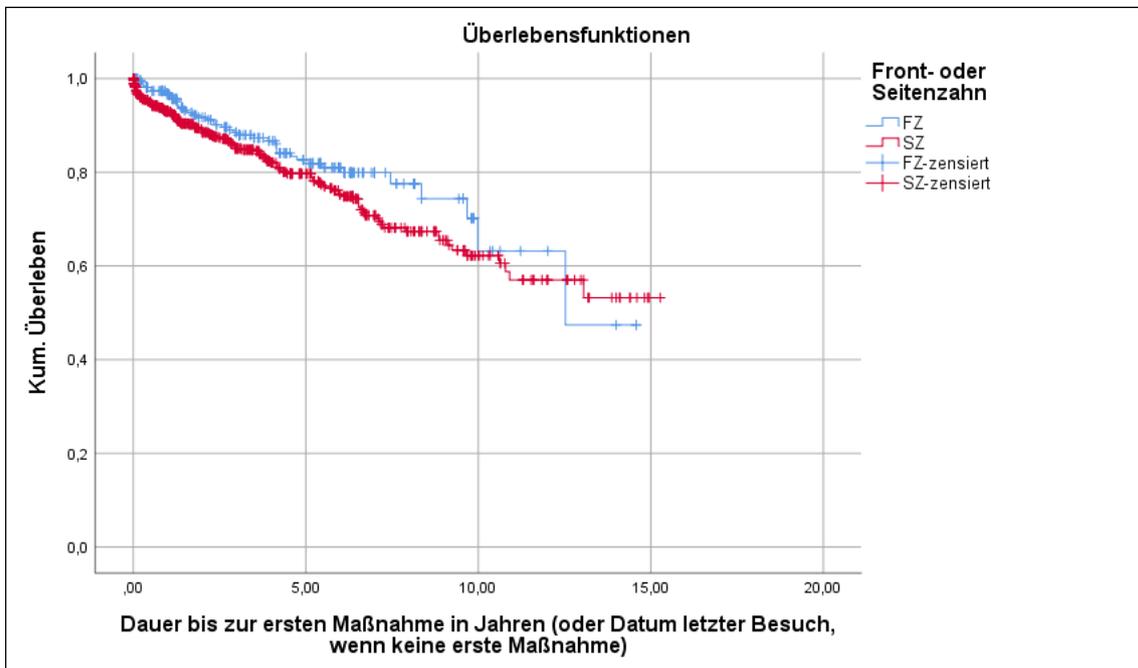


Abb. 5.27 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: erste Maßnahme) n=996, Kaplan-Meier

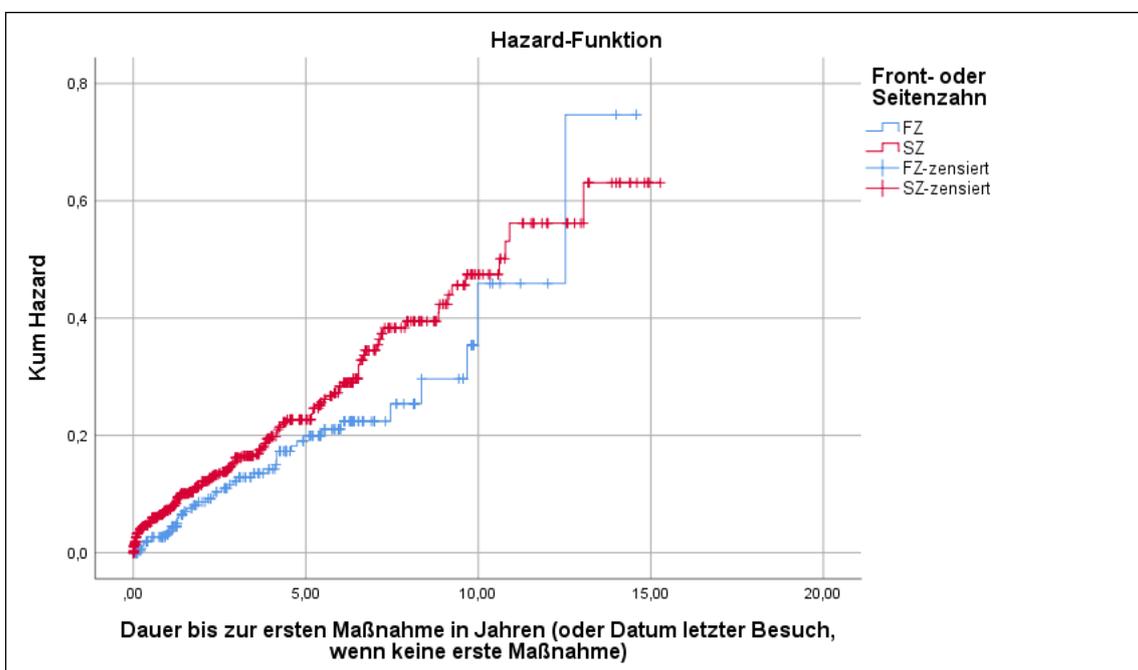


Abb. 5.28 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.5 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Ausführungsart

Der ermittelte Unterschied in der Überlebenszeit der Einzelzahnkrone bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Ausführungsart war nicht signifikant ($p > 0,05$).

Monolithische Einzelzahnkronen waren im Mittel 12,0 Jahre, vollverblendete Einzelzahnkronen 10,7 Jahre und teilverblendete Einzelzahnkronen 9,8 Jahre in Funktion (Tab. 5-19).

Tab. 5-19 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenzintervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Ausführungsart, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Ausführungsart	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
monolithisch	180	154	12,041	0,582	10,901	13,181
vollverblendet	734	604	10,691	0,358	9,990	11,393
teilverblendet	82	63	9,763	0,818	8,161	11,366
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Hinsichtlich der kumulativen 5- bzw. 10-J-ÜR wiesen monolithische Einzelzahnkronen Werte von 81,9% bzw. 72,8%, vollverblendete Einzelzahnkronen von 80,2% bzw. 62,2% und teilverblendete Einzelzahnkronen von 77,7% bzw. 54,5% auf. Es zeigte sich, dass die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit bei monolithischen Einzelzahnkronen nach 1,8 Jahren, bei vollverblendeten Einzelzahnkronen nach 2,0 Jahren und bei teilverblendeten Einzelzahnkronen nach 2,6 Jahren unterschritten wurde. Bei keiner der drei genannten Ausführungsarten kam es zu einer Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit.

Die erste von insgesamt 26 erforderlichen Maßnahmen bei monolithischen Einzelzahnkronen lag bei etwa 0,09 Monaten, das entspricht 3 Tagen. Bei vollverblendeten Einzelzahnkronen trat die erste von insgesamt 130 Maßnahmen nach 0,19 Monaten (=6 Tagen) und bei teilverblendeten Einzelzahnkronen von insgesamt 19 Maßnahmen nach 0,43 Monaten auf.

Abb. 5.29 zeigt die Überlebenszeitkurve bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Ausführungsart. Abb. 5.30 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug zur Ausführungsart an.

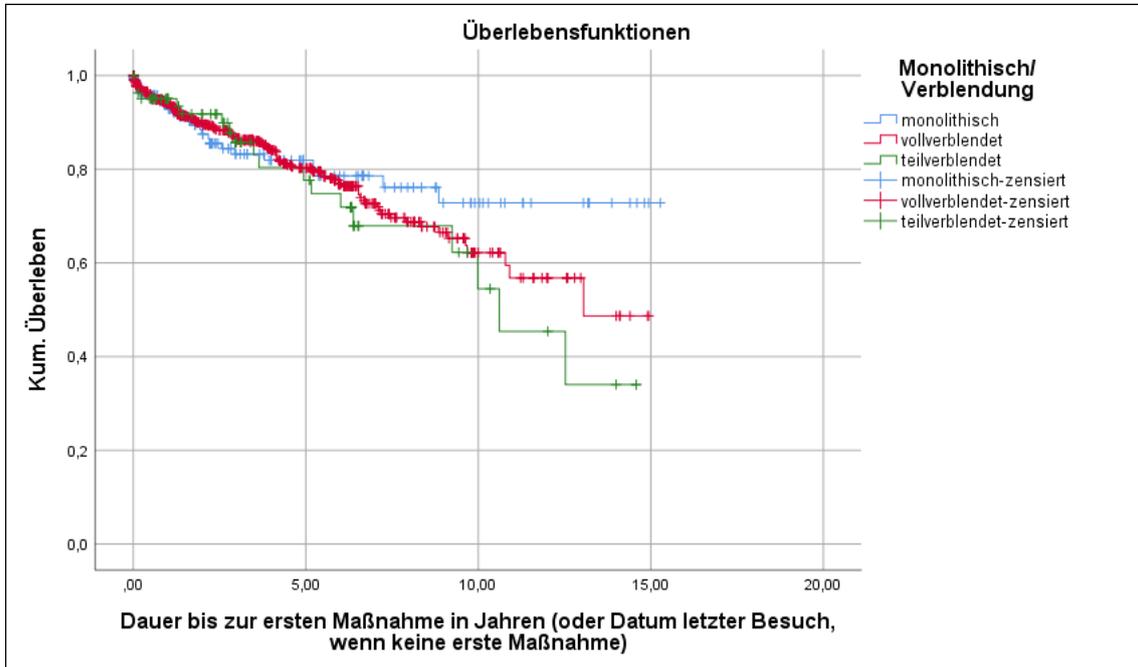


Abb. 5.29 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

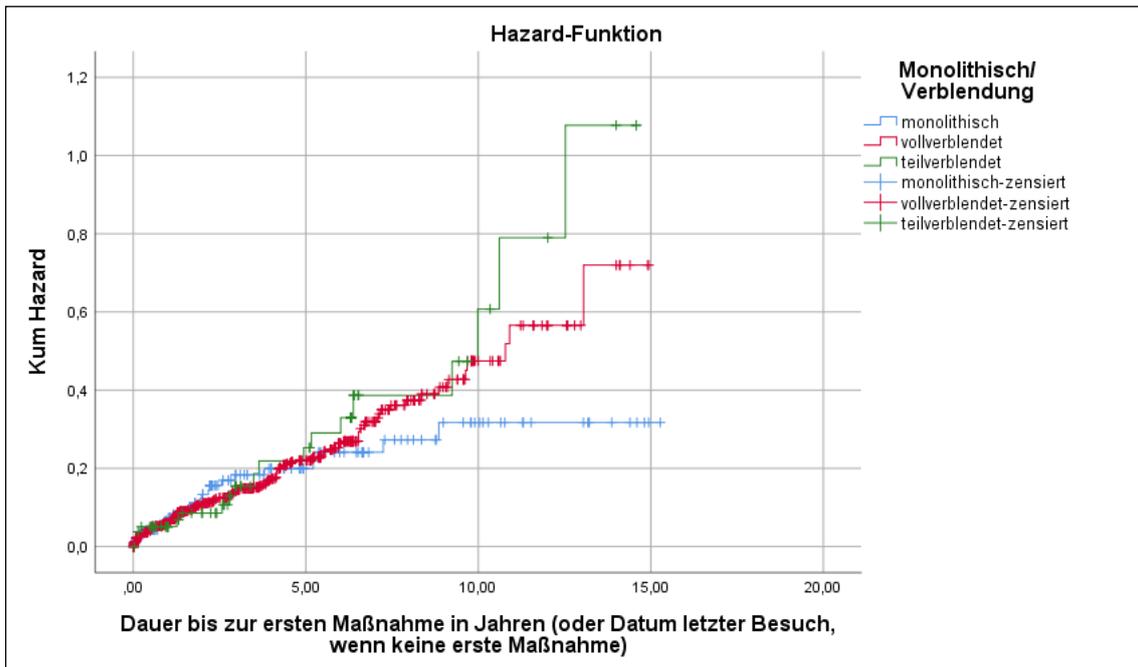


Abb. 5.30 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.6 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Werkstoff

In Bezug auf den Werkstoff fand sich im Vergleich kein signifikanter Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme ($p > 0,05$).

Im Folgenden sind die Überlebenszeiten der Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen in Bezug auf den verwendeten Werkstoff in Tab. 5-20 aufgelistet.

Tab. 5-20 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenzintervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Werkstoff, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Werkstoff	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Lithiumdisilikatkeramik/ Lithiumsilikatkeramik	24	23	6,359	0,289	5,793	6,925
Zirkoniumdioxidkeramik	373	301	9,394	0,328	8,750	10,037
Edelmetall	208	160	11,220	0,474	10,292	12,149
Nichtedelmetall	391	337	11,338	0,417	10,520	12,156
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-21 lässt sich die kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR für den jeweilige Werkstoff entnehmen.

Tab. 5-21 5- bzw. 10-J-ÜR bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Werkstoff

Werkstoff	5-J-ÜR	10-J-ÜR
Lithiumdisilikatkeramik/ Lithiumsilikatkeramik	94,7%	-
Zirkoniumdioxidkeramik	80,5%	59,4%
Edelmetall	79,0%	72,1%
Nichtedelmetall	82,4%	64,9%

Weder die 90%- noch die 50%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde bei Einzelzahnkronen aus einer Lithiumdisilikatkeramik/Lithiumsilikatkeramik unterschritten. Bei den Zirkoniumdioxidkeramiken zeigten sich nach 1,8 Jahren bzw. Edelmetallen nach 2,6 Jahren und Nichtedelmetallen nach 1,4 Jahren eine Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit, jedoch keine Unterschreitung der 50%-igen.

Aus den Ergebnissen der Studie ging hervor, dass die erste und einzige Maßnahme bei Lithiumdisilikatkeramik/kronen/Lithiumsilikatkeramik/kronen nach 12,1 Monaten (=368 Tagen) durchgeführt wurde. Bei Einzelzahnkronen aus einer Zirkoniumdioxidkeramik wurde nach etwa 0,2 Monaten (=7 Tagen) die erste von insgesamt 72 Maßnahmen ergriffen. Bei den Edelmetallkronen konnten 48 ergriffene Maßnahmen gelistet werden, wobei die erste nach etwa 3,7 Monaten (=28 Tagen) auftrat. Von insgesamt 54 ergriffenen Maßnahmen bei Nichtedelmetallkronen musste die erste nach etwa 0,09 Monaten (=3 Tagen) durchgeführt werden.

Die dazugehörige graphische Darstellung der Überlebenszeiten (Abb. 5.31) und das Verlustrisiko (Abb. 5.32) jeweils in Abhängigkeit von dem verwendeten Werkstoff sind im Folgenden dargestellt.

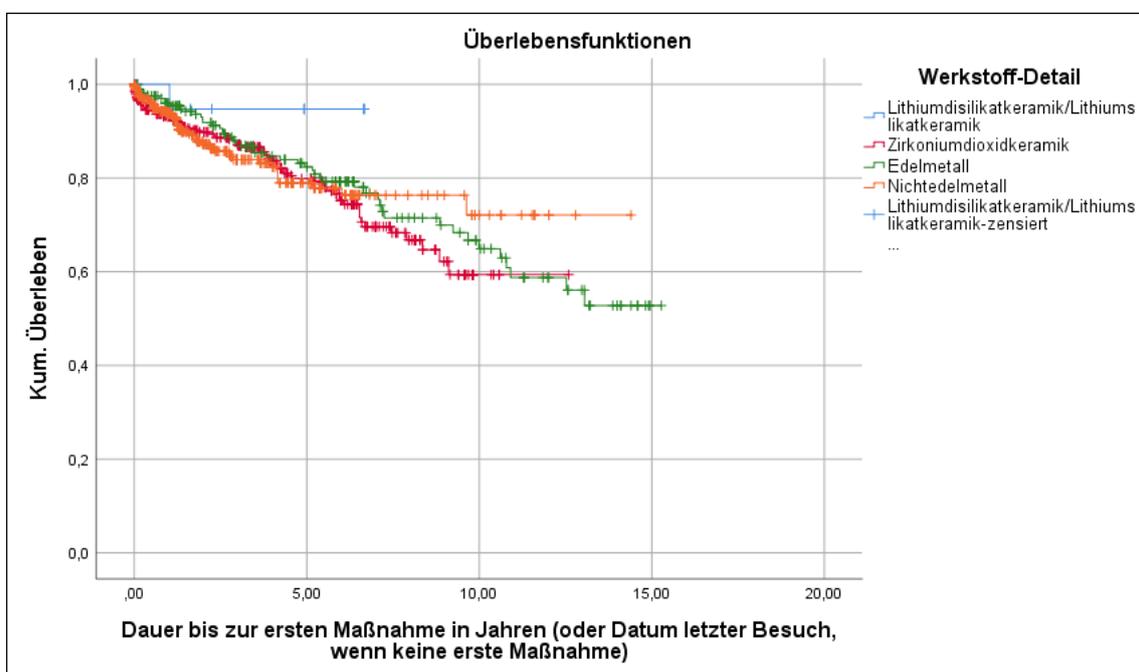


Abb. 5.31 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

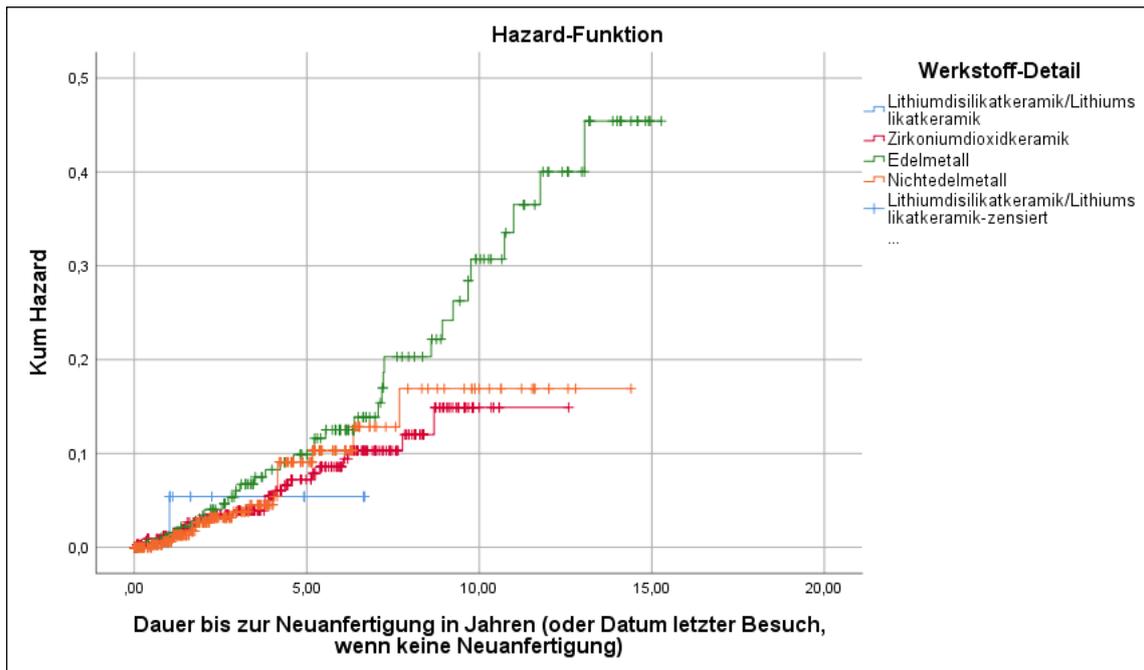


Abb. 5.32 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.7 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Befestigung

In Bezug auf die Unterscheidung zwischen konventionell eingesetzten und adhäsiv eingesetzten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Verweilwahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme ($p > 0,05$).

Aus der unten aufgeführten Tab. 5-22 wird ersichtlich, dass Einzelzahnkronen, welche konventionell befestigt wurden, im Mittel 11,0 Jahre und adhäsiv befestigte Einzelzahnkronen im Mittel 8,1 Jahre bis zur ersten Maßnahme in Funktion waren.

Tab. 5-22 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Befestigung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Befestigung	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
konventionell	909	744	11,008	0,301	10,418	11,598
adhäsiv	87	77	8,129	0,682	6,792	9,466
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Bei den 909 konventionell befestigten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigte sich eine 5- bzw. 10-J-ÜR von 79,4% bzw. 63,7%; bei adhäsiv befestigten Einzelzahnkronen betrug diese 90,0% bzw. 46,1%. Die 90%-ige Überlebenswahrscheinlichkeit wurde bei der konventionellen Befestigungsart nach 1,8 Jahren, bei der Adhäsivtechnik nach 6,5 Jahren unterschritten. Bei der konventionellen Befestigung erfolgte keine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit, bei der adhäsiven Befestigung nach 7,5 Jahren.

Von insgesamt 163 ergriffenen Maßnahmen bei den konventionell eingegliederten Einzelzahnkronen erfolgte die erste nach 0,09 Monaten, also nach 3 Tagen. Bei den adhäsiv eingesetzten Einzelzahnkronen mussten insgesamt 10 Maßnahmen durchgeführt werden, wobei hier die erste nach etwa 3,2 Monaten, also 98 Tagen, auftrat.

Die unten aufgeführte Abb. 5.33 zeigt eine graphische Darstellung der Überlebenszeitanalyse in Abhängigkeit von der Befestigung. Weiterhin ist das Verlustrisiko bezogen auf die Befestigung in Abb. 5.34 veranschaulicht dargestellt.

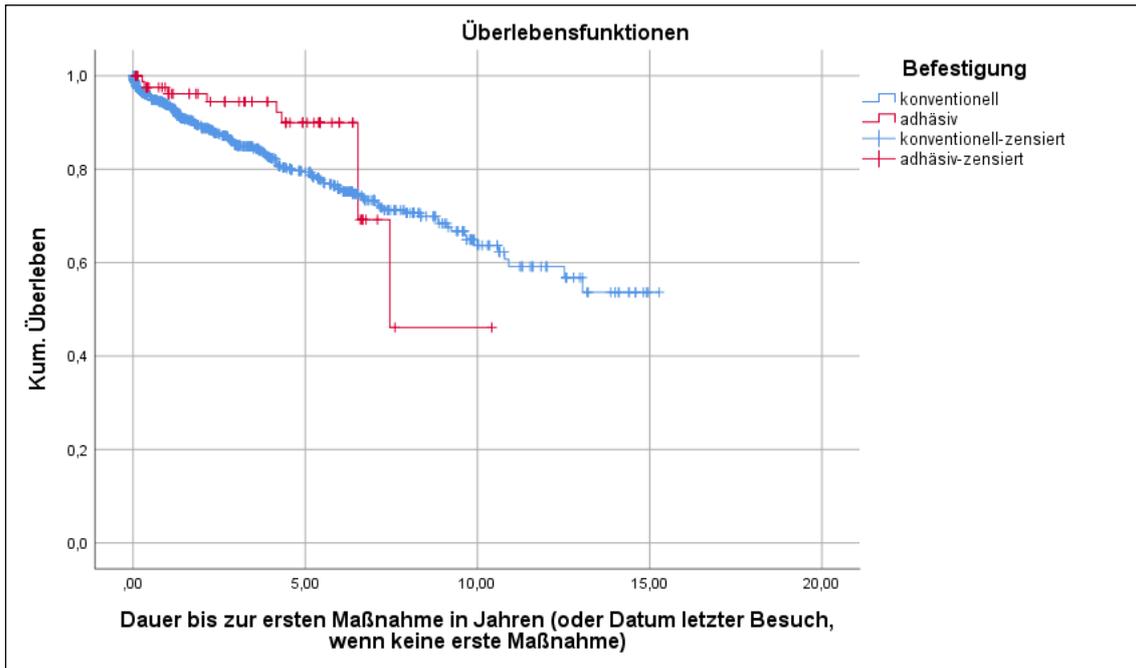


Abb. 5.33 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

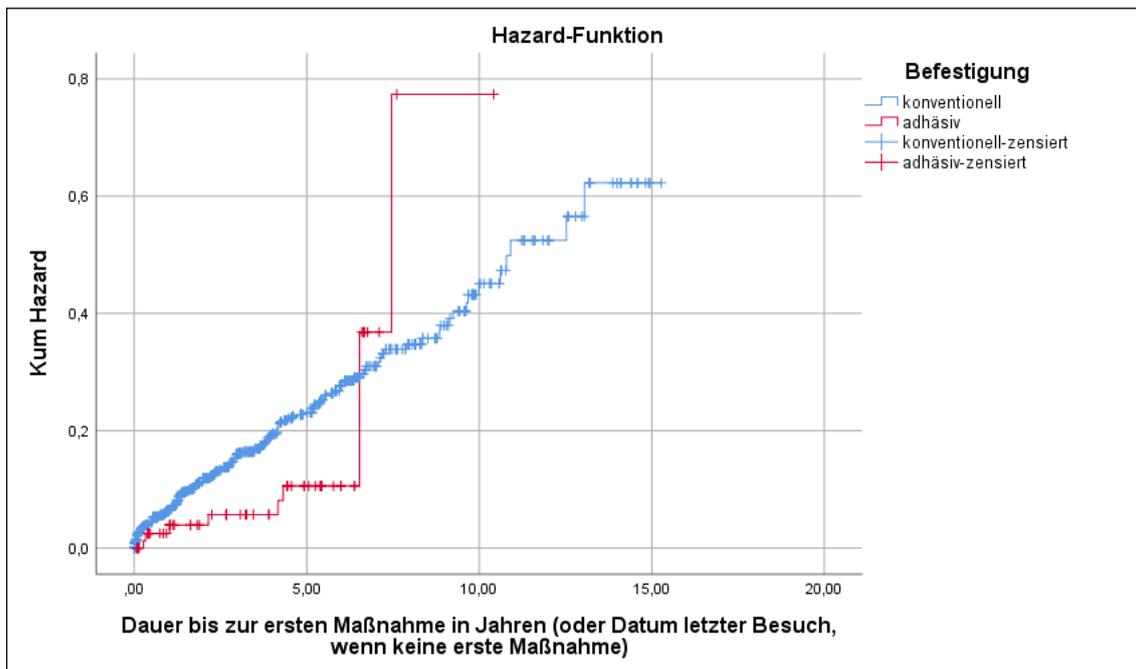


Abb. 5.34 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.8 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von einer Stiftversorgung

Bezüglich des Vergleichs von Einzelzahnkronen ohne und mit einer Stiftversorgung zeigte sich im Long-Rank-Test eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit der, die zuvor nicht mit einem Stift versorgt wurden ($p < 0,05$). Im Breslow- und Tarone-Ware-Test fielen die Ergebnisse nicht signifikant aus ($p > 0,05$).

Tab. 5-23 zeigt, dass Einzelzahnkronen ohne Stift im Mittel über einen Zeitraum von 11,4 Jahren und diese mit Stift 9,6 Jahre gehalten haben.

Tab. 5-23 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenzintervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Stiftversorgung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Stiftversorgung	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
nein	786	658	11,350	0,324	10,716	11,984
ja	210	163	9,598	0,681	8,264	10,932
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Die kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen bis zur ersten Maßnahme lag bei Einzelzahnkronen ohne Stift bei 82,5% bzw. 67,3% und bei Einzelzahnkronen mit Stiftversorgung bei 72,7% bzw. 46,1%.

Nach 1,8 Jahren kam es bei Einzelzahnkronen ohne Stift und nach 2,0 Jahren bei denen mit Stift zu einer Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit. Bezüglich der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit zeigte sich bei Einzelzahnkronen ohne Stift keine Unterschreitung, bei denen mit Stift erfolgte diese nach 9,2 Jahren.

Die erste von insgesamt 28 ergriffenen Maßnahme bei Einzelzahnkronen ohne Stiftversorgung musste nach 0,09 Monaten (=3 Tagen) und bei denen, welche eine Stiftversorgung aufwiesen, nach etwa 0,2 Monaten (=7 Tagen) durchgeführt werden (insgesamt 175 ergriffenen Maßnahmen).

Die Überlebenskurve der Einzelzahnkronen mit und ohne Stiftversorgung (Abb. 5.35) sowie das dazugehörige Verlustrisiko (Abb. 5.36) sind im Folgenden dargestellt.

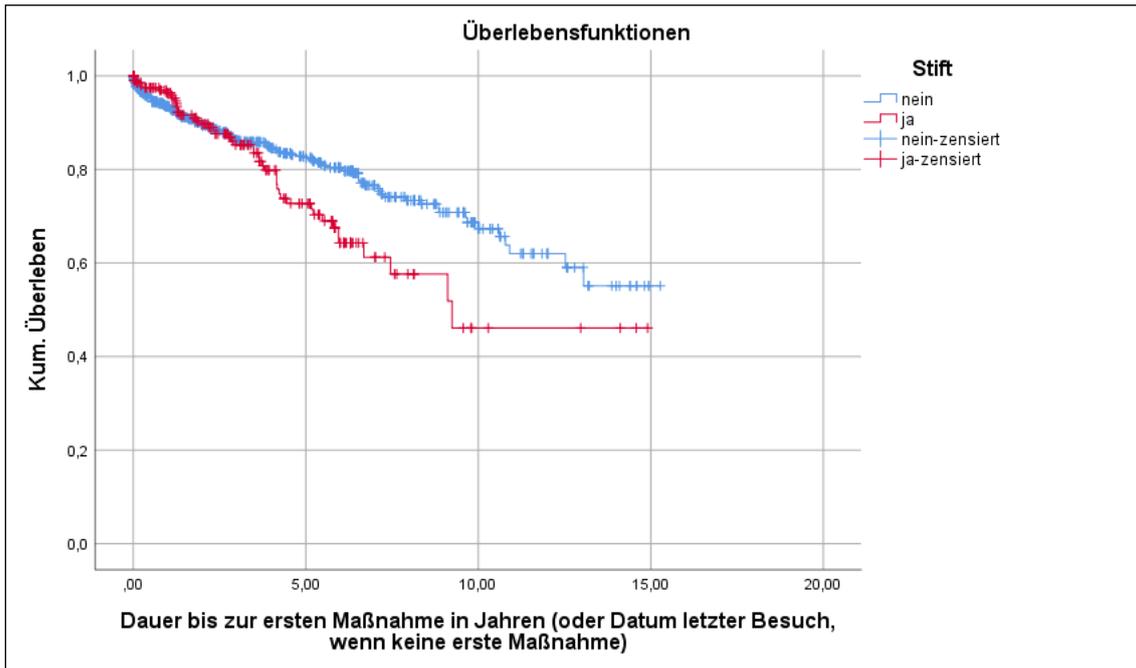


Abb. 5.35 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

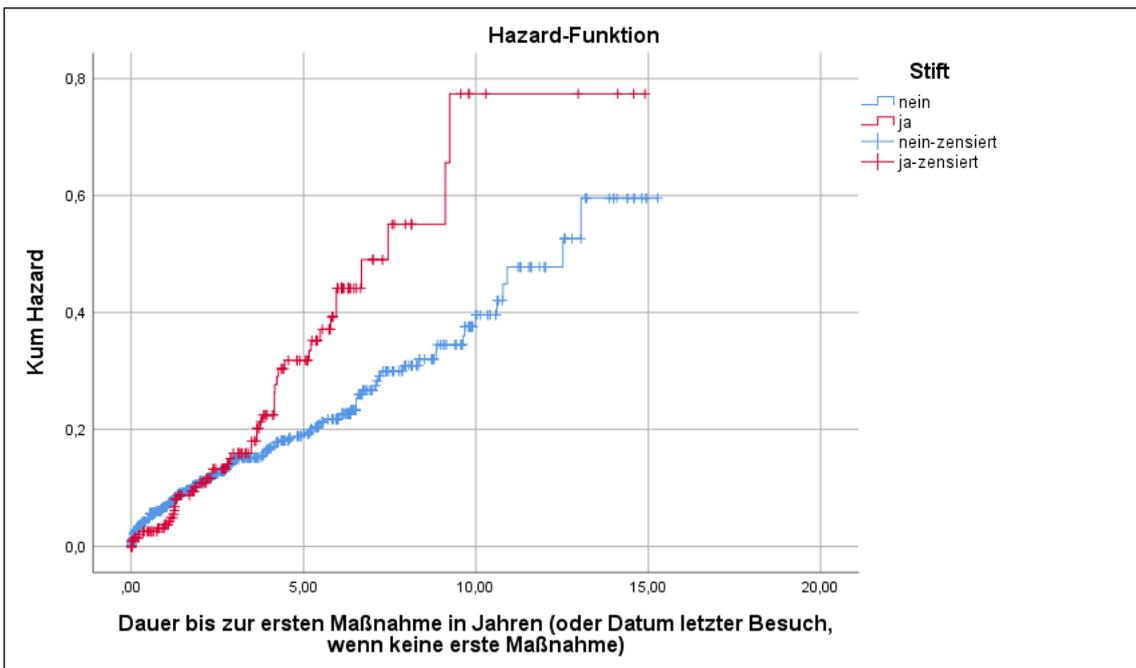


Abb. 5.36 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.2.9 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Werkstoff der Stiftversorgung

Der modellierende Faktor „Stiftwerkstoff“ zeigte bei Betrachtung der Gesamtpopulation keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Verweildauer der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme.

Tab. 5-24 zeigt, dass Einzelzahnkronen mit hochgoldhaltigem Stift über einen Zeitraum von 10 Jahren, mit Nichtedelmetallstift über 7,5 Jahre und diese mit einem Glasfaserstift über 6,4 Jahre bis zur ersten Maßnahme in Funktion waren.

Tab. 5-24 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Werkstoff der Stiftversorgung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Stiftwerkstoff	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
Hochgold	122	94	9,997	0,863	8,305	11,689
NEM	55	46	7,524	0,760	6,035	9,013
Glasfaser	33	23	6,406	0,792	4,854	7,958
Gesamt	210	163	9,598	0,681	8,264	10,932

Die kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen lag bei Einzelzahnkronen mit einer Stiftversorgung aus Hochgold bei 74,4% bzw. 50,1% bzw. aus NEM bei 66,3% bzw. 44,2% bzw. aus Glasfaser bei 71,6% bzw. 38,6%.

Zu einer Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit kam es bei Kronen mit hochgoldhaltiger Stiftversorgung nach 2,4 Jahren, bei Einzelzahnkronen mit Stiftversorgung aus NEM nach 2,8 Jahren und aus Glasfaser nach 0,2 Jahren mit. Es zeigt sich eine Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit nach 9,1 Jahren bei NEM- und nach 7,5 Jahren bei Glasfaser-Stiftversorgungen.

Die erste von insgesamt 28 ergriffenen Maßnahme bei Einzelzahnkronen mit hochgoldhaltigem Stift wurde nach 9 Monaten (=272 Tagen) und bei Einzelzahnkronen mit Stiften aus Nichtedelmetall nach 1,1 Monaten (=32 Tagen) durchgeführt (insgesamt 9 ergriffene Maßnahmen). Bei Einzelzahnkronen mit Glasfaserstiften wurde die erste von insgesamt 10 durchgeführten Maßnahme nach 0,2 Monaten (=7 Tagen) ergriffen. Eine

graphische Darstellung der Überlebenskurve von Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Werkstoff der Stiftversorgung ist im Folgenden aufgeführt (Abb. 5.37). Abb. 5.38 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug auf die Materialklasse der Stiftversorgung an.

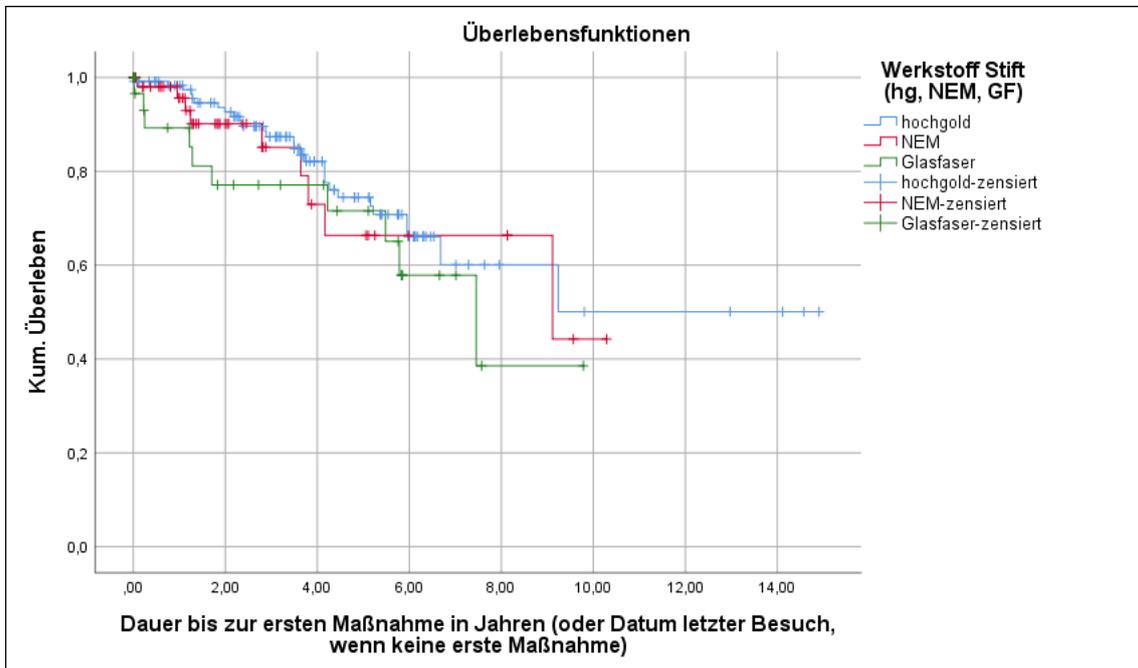


Abb. 5.37 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=210, Kaplan-Meier

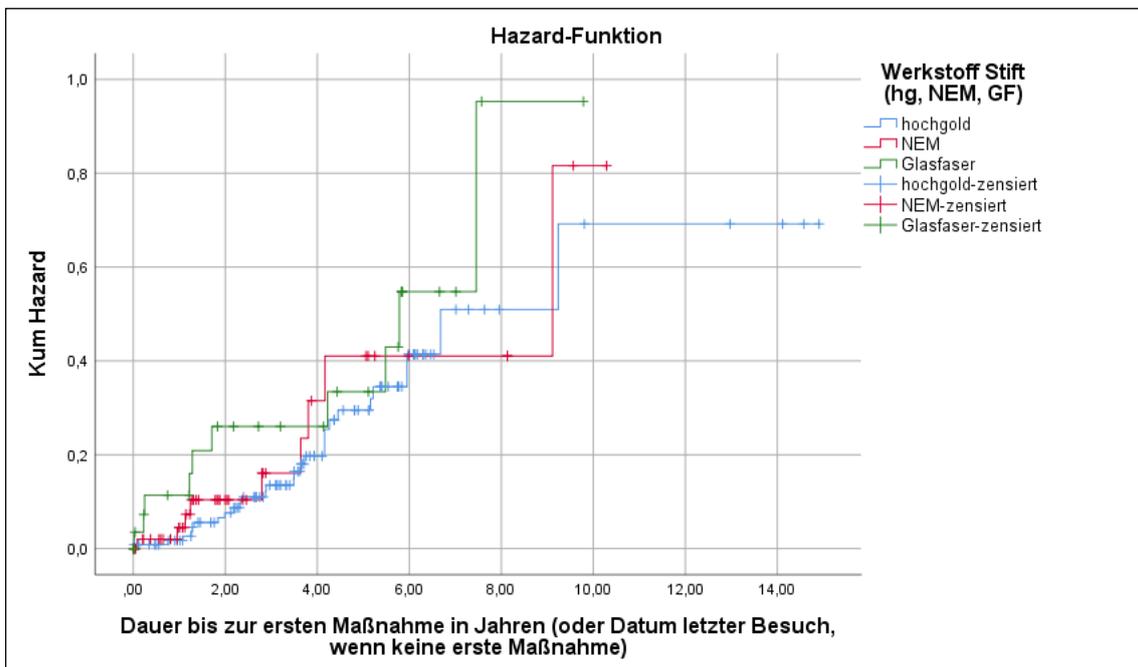


Abb. 5.38 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=210

5.1.2.10 Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Gegenkieferbeziehung

Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen, die eine herausnehmbare oder implantatgetragene Gegenkieferbeziehung aufwiesen im Vergleich zu denen, die eine natürliche Beziehung, festsitzenden Zahnersatz oder keine Beziehung im Gegenkiefer zeigten ($p < 0,05$).

Die Zeit, in der Einzelzahnkronen in Bezug auf die Gegenkieferbeziehung bis zur ersten Maßnahme in Funktion waren, ist Tab. 5-25 zu entnehmen.

Tab. 5-25 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Gegenkieferbeziehung, Verweildaueranalyse (in Jahren)

Gegenkieferbeziehung	Mittelwert					
	Anzahl (n)	Anzahl zensiert	Schätzer	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall	
					Untere Grenze	Obere Grenze
natürlicher Zahn	378	312	11,161	0,433	10,311	12,010
festsitzender ZE	438	369	11,311	0,415	10,498	12,124
herausnehmbarer ZE	110	85	8,372	0,624	7,149	9,595
implantatgetragener ZE	30	20	6,276	0,902	4,507	8,044
fehlend	40	35	8,634	0,776	7,113	10,155
Gesamt	996	821	11,025	0,295	10,447	11,604

Die kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR der Einzelzahnkrone in Abhängigkeit von der Gegenkieferbeziehung ist der unten aufgeführten Tab. 5-26 zu entnehmen.

Tab. 5-26 Kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Gegenkieferbeziehung

Gegenkieferbeziehung	5-J-ÜR	10-J-ÜR
natürlichen Zahn	77,9%	64,3%
feststizender ZE	84,5%	66,5%
herausnehmbarer ZE	72,5%	49,2%
implantatgetragener ZE	74,3%	29,7%
fehlend	83,5%	71,6%

Die Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeiten in Bezug auf die Beziehung des Gegenkiefers kann der unten aufgeführten Tab. 5-27 entnommen werden.

Tab. 5-27 Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme (in Jahren)

Gegenkieferbeziehung	Unterschreitung der 90%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit	Unterschreitung der 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit
natürlicher Zahn	1,4	-
feststizender ZE	3,0	-
herausnehmbarer ZE	1,3	9,1
implantatgetragener ZE	0,2	6,5
fehlend	2,3	-

Abb. 5.39 stellt die Überlebenszeitanalyse der Restaurationen in Abhängigkeit von der Gegenkieferbeziehung dar. Abb. 5.40 gibt das Verlustrisiko der Einzelzahnkrone in Bezug auf die Gegenkieferbeziehung an.

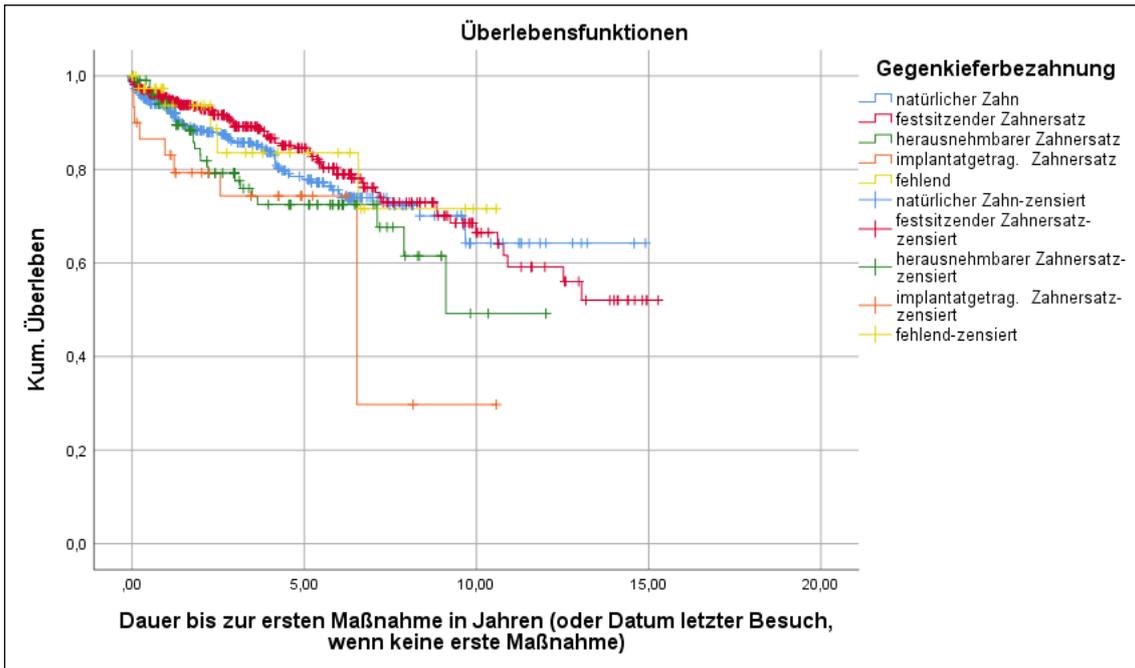


Abb. 5.39 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Gegenkieferbeziehung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier

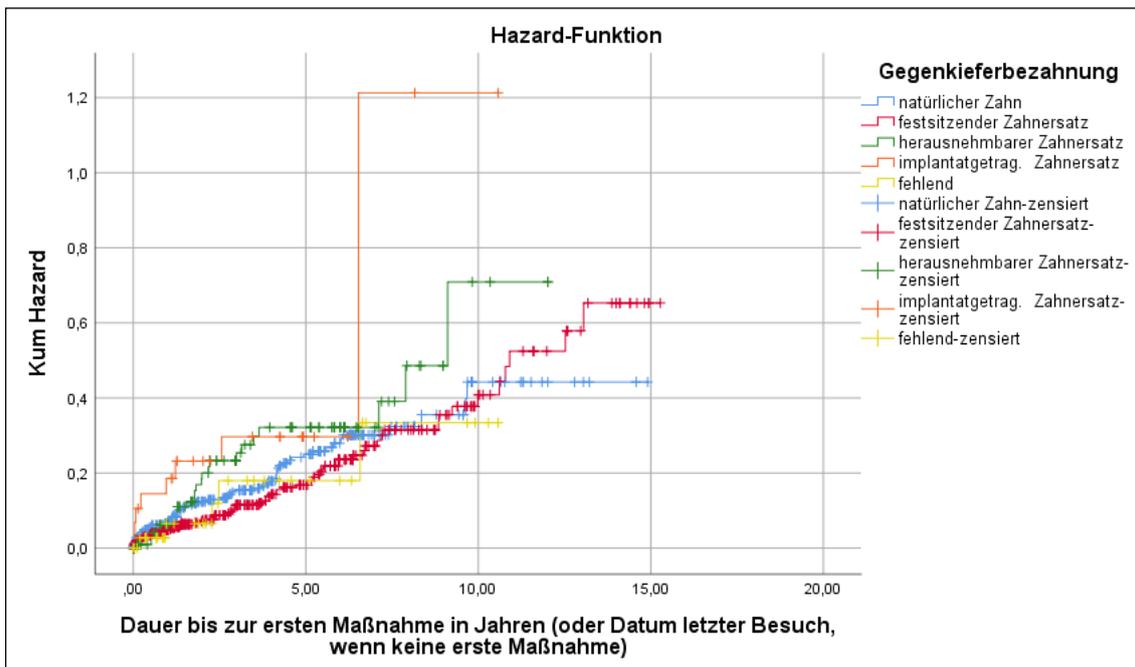


Abb. 5.40 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Gegenkieferbeziehung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996

5.1.3 Cox-Regression

Die Auswertung der erhobenen Daten zeigte eine eher geringe Anzahl an Ereignissen. Im Vergleich dazu zeigten sich jedoch recht viele mögliche erklärende Variable, die jeweils unterschiedliche Ausprägungen haben. Aufgrund der kleinen Fallzahlen sowie der Eindeutigkeit der Ergebnisse wurde demnach im Rahmen der statistischen Auswertung der erhobenen Daten keine multiple Analyse (Cox-Modell) vorgenommen.

5.2 Zusammenfassung der Ergebnisse

Insgesamt lassen sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie wie folgt zusammenfassen:

Die mittlere Überlebenszeit aller Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung betrug 13,1 Jahre. Für die 5-Jahres-Überlebensrate bzw. 10-Jahres-Überlebensrate der Gesamtpopulation der Einzelzahnkronen zeigten sich Werte von 92,0% bzw. 80,0%.

Bezüglich des Zielereignisses Neuanfertigung ließ sich hinsichtlich des modellierenden Faktors „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ im Breslow- und Tarone-Ware-Test eine Signifikanz ($p < 0,05$) und im Log-Rank-Test keine Signifikanz ($p > 0,05$) aufzeigen. Frontzahnkronen wiesen eine höhere Überlebensrate als Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich auf. Der modellierende Faktor „Stiftversorgung“ führte in allen drei statistischen Tests (Log-Rank-, Breslow-, Tarone-Ware-Test) zu einer signifikant höheren Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen, welche zuvor nicht mit einem Stift versorgt wurden ($p < 0,05$). Alle anderen modellierenden Faktoren fielen bezüglich dieses Zielereignisses nicht signifikant aus ($p > 0,05$).

74 (7,4%) von insgesamt 996 Einzelzahnkronen mussten neuangefertigt werden. Die häufigsten Gründe hierfür waren Extraktion ($n=20$), prothetische Neu- oder Umplanung ($n=18$) sowie parodontale Beschwerden ($n=12$).

Die mittlere Überlebenszeit aller Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme betrug 11,0 Jahre. Die Gesamtpopulation der Einzelzahnkronen mit dem Zielereignis erste Maßnahme zeigten bezüglich der 5-Jahres-Überlebensrate bzw. 10-Jahres-Überlebensrate Werte von 80,3% bzw. 63,3%.

Für den modellierenden Faktor „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Verweildauer beider Vergleichsgruppen im Breslow-Test ($p < 0,05$). Der Log-Rank- und Tarone-Ware-Test fiel bei der Gegenüberstellung beider Vergleichsgruppen nicht signifikant aus ($p > 0,05$). Frontzahnkronen wiesen eine höhere Überlebensrate als Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich auf. Bezüglich des Vergleichs von Einzelzahnkronen ohne und mit einer Stiftversorgung zeigte sich im Long-Rank-Test eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen, welche zuvor nicht mit einem Stift versorgt wurden ($p < 0,05$). Im Breslow- und Tarone-Ware-Test fielen die Ergebnisse nicht signifikant aus ($p > 0,05$). Weiterhin ergab sich eine signifikant kürzere Verweilzeit der Einzelzahnkronen, welche eine herausnehmbare oder implantatgetragene Gegenkieferbezaehlung aufwiesen als im Vergleich zu den Einzelzahnkronen, die eine natürliche Bezaehlung, festsitzenden Zahnersatz oder keine Bezaehlung im Gegenkiefer zeigten ($p < 0,05$). Die restlichen untersuchten modellierenden Faktoren fielen allesamt nicht signifikant aus ($p > 0,05$).

Bei 175 (17,5%) von insgesamt 996 Einzelzahnkronen mussten erste Maßnahmen ergriffen werden. Die häufigsten Gründe hierfür waren parodontale Beschwerden ($n=50$) und persistierender Dolor ($n=32$).

6 Diskussion

6.1 Methodenkritik

Die vorliegende retrospektive Longitudinalstudie befasst sich mit der klinischen Bewährung von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen. Dabei wurde untersucht, ob mögliche modellierende Faktoren einen Einfluss auf das Überleben von Einzelzahnkronen nach dem Eingliederungszeitpunkt hatten. Zur Beurteilung der Lebenserwartung einer Einzelzahnkrone können retrospektive Longitudinalstudien durchgeführt werden. Innerhalb dieser werden Parameter sowie Kollektivgrößen vorbestimmt und retrospektiv (rückblickend) verfolgt, wodurch sich die jeweilige zeitliche Entwicklung darstellen lässt und wichtige Erkenntnisse gezogen werden können.^{94, 98}

Für die Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit wurde die zeitbezogene Kaplan-Meier-Analyse mit zwei definierten Zielereignissen (Dauer bis zur Neuanfertigung und Dauer bis zur ersten Maßnahme) als statistische Methodik herangezogen. In der (Zahn-)Medizin gilt das nichtparametrische Verfahren mittlerweile als Standardverfahren zur Ereignisanalyse.^{30, 79} Dieses zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass der Zeitpunkt des Eintritts eines Zielereignisses unbekannt ist und demnach nicht zu einem festen Zeitpunkt erhoben werden kann.²⁵⁶ Der Eintritt von Zielereignissen wiederum definiert damit ein nicht fest vorgegebenes Zeitintervall. Für ein jedes Zeitintervall wird dann eine bedingte Wahrscheinlichkeit berechnet, dass sich die Einzelzahnkrone komplikationslos in situ befindet. Anhand der bedingten Wahrscheinlichkeit lässt sich die Gesamtwahrscheinlichkeit für das Überleben eines bestimmten Zeitpunktes errechnen. Tritt ein Zielereignis jedoch nicht ein, spricht man von einer sogenannten Zensierung.²⁵⁶ Dass nicht alle Patienten gleiche Beobachtungszeiträume aufwiesen bzw. keine gruppierten Daten vorlagen, unterstützte die Wahl des Kaplan-Meier-Verfahrens als statistische Methodik der vorliegenden Studie.

Dabei erfolgte ein Großteil der Datenerhebung im Rahmen der studentischen Kurse Zahnersatzkunde I und II (8. und 9. Fachsemester) der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen. Ein geringer Teil der erfassten Daten ist auf Behandlungen angestellter Zahnärzte der Abteilung selbst zurückzuführen. Dass die

Herstellung aller Einzelzahnkronen unter standardisierten Bedingungen in Zusammenarbeit mit qualifizierten Dentallaboren erfolgte, war als positiv zu werten und führte zu einer komparablen Qualität einer jeden Restauration.

Von insgesamt 1154 eingegliederten Einzelzahnkronen im Zeitraum von 2004 bis 2020 konnten 158 Einzelzahnkronen nicht in die Datenerhebung miteinbezogen werden, da nach dem Eingliederungszeitpunkt keine weitere Nachsorgeuntersuchung stattfand. Ursächlich dafür war eine eher mäßige Compliance der Patienten bezüglich eines Nachsorgetermins, welche sich auf die oft zeitaufwendige und aus mehreren Sitzungen bestehende studentische Behandlung zurückführen lässt. Den Großteil jedoch stellten Einzelzahnkronen dar, welche im Rahmen des zahnärztlich-prothetischen Staatsexamens eingegliedert wurden. Dabei bestand das Patientenkollektiv oftmals aus Angehörigen der Studenten, welche einen weiten Anreiseweg hatten und einen Nachsorgetermin aufgrund dessen im Allgemeinen ablehnten. Dass Problematiken der Nachsorge aufgrund einer schlechten Compliance bekannt sind, zeigten auch *Stark et al.*²¹³, *Wolfarth et al.*²⁴⁵, *Kerschbaum*⁹⁸ und *Gehrt*⁶⁷. Die dennoch hohe Anzahl an analysierten Einzelzahnkronen bedingte eine statistisch gute Auswertbarkeit, erschwerte jedoch den Vergleich mit anderen Überlebenszeitanalysen. Mit 996 nachuntersuchten Versorgungen übertrifft die vorliegende Studie im Allgemeinen die Gesamtanzahl an einbezogenen Versorgungen anderer Studien, welche sich meist im Bereich zwischen 15 und 200 untersuchten Einzelzahnkronen befanden.^{23, 76, 174, 212, 247}

Weiterhin wurden alle in die Überlebenszeitanalyse miteinbezogenen Einzelzahnkronen ausschließlich auf natürlichen Pfeilerzähnen eingegliedert, wodurch ein einheitliches Untersuchungskonvolut geschaffen wurde. Im Vergleich dazu zeigten sich in der aktuellen Literatur Studien, welche mehrere Arten des festsitzenden Zahnersatzes (Implantate, Brückenkonstruktionen, verblockte Einzelzahnkronen) untersuchten und Gesamtüberlebenszeiten wiedergaben.^{50, 147} Aufgrund der unterschiedlichen Eigenbeweglichkeit von natürlichen Zähnen ($56\text{-}108\mu\text{m}^{164}$) im Vergleich zu Implantaten ($8\text{-}15\mu\text{m}^{24, 244}$) sah man in der vorliegenden Studie jedoch von einer Betrachtung beider Versorgungsarten ab. Die Tatsache, dass Brückenpfeiler in der Regel primär gesund sind, Einzelzahnkronen jedoch als Wiederherstellungsmaßnahme zerstörter Zähne angefertigt werden, sprach ebenso für den Ausschluss von Brückenkonstruktionen innerhalb der Studie.¹⁰⁵ Verblockte Einzelzahnkronen wurden aufgrund ihrer veränderten statischen Eigenschaften

zugunsten eines einheitlichen Untersuchungskonvoluts nicht mit in die vorliegende Datenerfassung einbezogen.

Insgesamt wurde in der vorliegenden Arbeit jede der Einzelzahnkronen als eigenständiger Fall betrachtet. Dies war auch dann gegeben, wenn ein Patient gleichzeitig mit mehreren Einzelzahnkronen innerhalb eines Kiefers versorgt wurde oder eine Neuversorgung bzw. Umplanung eines bereits in der Vergangenheit versorgten Pfeilerzahnes notwendig war. Ein Patient konnte demnach einfach oder mehrfach in die Datenerhebung eingehen. In der aktuellen Literatur zeigen sich dabei auch Studien mit lediglich einem Fall, d.h. einer Einzelzahnkrone pro Patient, wodurch statistische Zensierungen entfallen.^{175, 205} Dies könnte die Werte mit scheinbar negativerer Tendenz der vorliegenden Studie erklären.

Einzelzahnkronen aus Feldspatkeramik oder Aluminiumoxidkeramik konnten während der Datenerfassung nicht registriert werden. Der Vergleich mit Studien, welche eine oder beide dieser Werkstoffgruppen miteinschließt wie etwa *Bindl et al.*¹³ und *Otto et al.*¹⁶¹, wurde dadurch eingeschränkt.

Im Rahmen der in der vorliegenden Arbeit erhobenen Daten war zunächst die geringe Anzahl an Ereignissen auffällig, welche die Schätzungen als explorativ erschienen ließen. Dabei mussten während des gesamten Beobachtungsintervalls lediglich 74 (7,4 %) von insgesamt 996 Einzelzahnkronen neuangefertigt und bei 175 (17,5%) eine erste Maßnahmen ergriffen werden. Dies deckt sich mit der in der Literatur beschriebenen Langlebigkeit von Einzelzahnkronen, welche als charakteristisches Merkmal von fest-sitzendem Zahnersatz im Vergleich zu anderen Restaurationsarten angesehen wird.^{99, 101} Die geringe Anzahl an Ereignissen scheint aus zahnärztlicher Sicht zunächst für qualitativ hochwertige Behandlungen zu sprechen und war demnach als positiv zu bewerten. Für die statistische Auswertung ist dies jedoch als methodisch schwierig und damit kritisch zu betrachten. Dabei ist bei einem derart hohen Anteil an zensierten Daten zu erwarten, dass die Überlebensfunktion 50% nicht unterschreitet und der Median der Überlebenszeiten demnach nicht berechnet werden kann. Aus diesem Grund wurde der Mittelwert der Überlebenszeit berechnet, obwohl der Median in der Überlebenszeitanalyse als das deutlich bessere Maß gilt.¹¹⁶ Die absolut gesehen recht hohe Zahl der Beobachtungen ermöglichte aber dennoch sinnvolle Gruppenvergleiche, in denen die Zahl der Ereignisse pro Gruppe ausreichend groß ist. Wie bereits in Kapitel 5.1.3 erwähnt, zeigte die Auswertung der erhobenen Daten eine eher geringe Anzahl an Ereignissen, jedoch

eine Vielzahl möglicher Faktoren mit unterschiedlichen Ausprägungen. Diesbezüglich lassen sich multiple Modelle zwar berechnen, führen jedoch zu der statistischen Schwierigkeit, dass Schätzer dann als unzuverlässig gelten. Aufgrund der kleinen Fallzahlen sowie der Eindeutigkeit der Ergebnisse wurde keine multiple Analyse (Cox-Regression), sondern kontrollierte statistische Tests für die einzelnen Faktoren in der vorliegenden Dissertation vorgenommen.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wäre auch der Einfluss des Herstellungsverfahrens (koventionell oder digital) als Einflussfaktor interessant gewesen. Aufgrund der niedrigen Anzahl an Ergebnissen bzw. ungleichen Gruppengröße wurde dies jedoch als statistisch nicht sinnvoll erachtet.

Insbesondere die direkte Gegenüberstellung mit bereits publizierten Überlebenszeitanalysen wurde durch unterschiedliche statistische Vorgehensweisen der einzelnen Autoren erschwert. Ein Großteil untersuchte die Überlebenszeiten ebenfalls mit der Verweildau-
eranalyse, so z.B. *Chaar et al.*²³, *Spitznagel et al.*²¹², *Aziz et al.*⁴, *Samet et al.*¹⁹² und *Gunge et al.*⁷⁶. Die in einigen wenigen Studien verwendete Quotientenbildung aus allen fehlgeschlagenen Einzelzahnkronen zu allen eingesetzten Einzelzahnkronen beschreibt eine statistische Alternativmethodik zur Kaplan-Meier-Analyse.⁴⁰ Life-Table-Analysen, wie etwa bei *Larsson et al.*¹¹⁷ verwendet, basieren auf einer Betrachtung gruppierter Verweildauern mit gleichgroßen Zeitintervallen und wurden aufgrund dessen als statistische Methodik für die vorliegende Studie ausgeschlossen.

Schließlich muss auch hinsichtlich der Gründe für eine Neuanfertigung bzw. erste Maßnahme beachtet werden, dass selten Konformitäten innerhalb der Literatur bezüglich der Angabe der einzelnen Häufigkeiten existieren. Aufgrund der übersichtlichen Darstellung entschied man sich in der vorliegenden Arbeit, die Häufigkeit eines Grundes als prozentualer Anteil der Gesamtanzahl an Einzelzahnkronen (n=996) anzugeben. *Örtorp et al.*¹⁶⁰ verfolgten dabei die gleiche Vorgehensweise. Aufzufinden sind jedoch auch Studien, welche die Häufigkeit als den prozentualen Anteil der Gesamtanzahl an Patienten oder als Anteil Gesamtanzahl an Komplikationen angeben.^{7, 23, 238} Eine Vergleichbarkeit der einzelnen untersuchten Gründe wird trotz unterschiedlicher errechneter Häufigkeiten nicht ausgeschlossen.

6.2 Ergebniskritik

6.2.1 *Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis Neuanfertigung*

74 (7,4%) der insgesamt 996 Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen mussten während des Beobachtungszeitraums neuangefertigt werden. Für die 5- bzw. 10-J-ÜR der Gesamtpopulation der Einzelzahnkronen ergaben sich Werte von 92,0% bzw. 80,0%.

Das Ergebnis der vorliegenden Studie verzeichnet damit größtenteils das Mittel des Spektrums an Resultaten vergleichbarer Studien. Innerhalb dessen zeigen sich Literaturquellen mit niedrigeren Überlebenszeiten^{6, 21, 51, 135, 160, 208, 220} sowie solche mit höheren Verweilzeiten^{11, 16, 111, 112, 117, 133, 144, 155, 158, 159, 161, 168, 174, 185, 190, 227} für Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen.

In einer Arbeit von *Kerschbaum et al.*¹⁰⁶ konnten ähnliche Überlebensraten von 92% bzw. 79% nach 5 bzw. 10 Jahren aufgezeigt werden. Nach 15 Jahren konnten noch 59% der Einzelzahnkronen in Funktion ermittelt werden. Hier sei zu berücksichtigen, dass die Überlebenszeitanalyse nicht auf Grundlage einer klinischen Nachsorgeuntersuchung wie in der vorliegenden Arbeit beruht. Vielmehr wurde hierbei eine Datenbank über prothetische Versorgungen von Versicherten, die Leistungsanträge an eine private Krankenversicherung gestellt hatten, anfertigt.

In einer hinsichtlich der Länge des Beobachtungszeitraums gut vergleichbare Arbeit von *Walton*²³⁸ konnten höhere 10-J-ÜR von 97,1% aufgezeigt werden. Grundlage der erhobenen Daten war eine Kombination aus klinischen Nachsorgeuntersuchungen sowie Patientenaktenanalysen. Die Anfertigung aller Restaurationen sowie die Beurteilung der eingegliederten Einzelzahnkronen in den Nachsorgeterminen erfolgten in allen Fällen durch den Autor selbst. In der vorliegenden Studie hingegen wurden überwiegend Patientenfälle in die Datenerhebung einbezogen, welche im Rahmen der studentischen Kurse von unterschiedlichen Behandlern angefertigt wurden. Neben der noch geringen zahnärztlichen Erfahrung der Studierenden, könnte vor allem die Variation an Behandlern einen Einfluss auf das Überleben der Einzelzahnkronen gehabt haben, womit sich die negativeren Werte erklären lassen könnten.

*Erpenstein et al.*⁵⁰ zeigten Überlebensraten von 96,2% nach 5 Jahren, 91,3% nach 10 Jahren und 83,7% nach 15 Jahren auf. Die im Vergleich zu den Werten aus eigener For-

schung höhere Überlebensrate lässt sich möglicherweise durch die stichprobenartige Nachuntersuchung erklären. Dabei wurden von insgesamt 403 Patienten 177 für Nachsorgeuntersuchungen kontaktiert, von denen wiederum gerade die Hälfte (90 Patienten) ein weiteres Mal untersucht werden konnten. Demgegenüber steht die ausführliche elektronische Datenerfassung aller Nachsorgeuntersuchungen der in die Datenerhebung miteinbezogenen Einzelzahnkronen der vorliegenden Arbeit. Die Berücksichtigung des gesamten Patientenkollektivs beeinflusste womöglich die Ergebnisse, lässt diese jedoch gleichzeitig auch deutlich aussagekräftiger werden.

6.2.1.1 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Patientenalter

Hinsichtlich des Alters zeigte sich keine Signifikanz bezüglich der Überlebensrate von Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung ($p > 0,05$).

In vielen weiteren Studien konnte ebenfalls gezeigt werden, dass das Alter hinsichtlich der Verweildauer von Einzelzahnkronen keinen signifikanten Einfluss hat.^{4, 34, 205, 212}

6.2.1.2 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht

Bei der Betrachtung der Gesamtzahl an einbezogenen Patienten zeigte sich ein höherer Anteil an weiblichen Patienten gegenüber dem männlichen Anteil. Dass ein Großteil des Patientenkollektivs aus Frauen besteht, steht im Einklang mit der Geschlechterverteilung vielzähliger anderer Studien.^{2, 4, 19, 23, 68, 76, 161, 175, 186, 192, 205, 212, 226, 229, 238} Lediglich *Gherlone et al.*⁷² berichteten über einen höheren Männeranteil (50 Männer, 36 Frauen) innerhalb ihres Patientenkollektivs. Einige Studien der aktuellen Literatur messen der Geschlechterverteilung und dessen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelzahnkronen keine entscheidende Bedeutung bei und machen diesbezüglich keine Angaben.^{17, 160, 165, 177, 232}

Die Ergebnisse der Überlebenszeitanalyse aus eigener Forschung zeigten keine signifikanten Unterschiede in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur ersten Neuversorgung in Abhängigkeit von dem Geschlecht des Patienten ($p > 0,05$).

Eine gute Vergleichbarkeit hinsichtlich dieses modellierenden Faktors bietet die Arbeit von *Walton*²³⁸. Dabei wurde in einer Langzeitbeobachtung von bis zu 25 Jahren eine ähnlich hohe Anzahl an Einzelzahnkronen, von denen ein Großteil bei weiblichen Patienten eingegliedert wurde, untersucht. Ein Einfluss des Geschlechts auf das Überleben einer Einzelzahnkrone konnte nicht nachgewiesen werden ($p=0,81$, nicht signifikant). Gleiches berichteten *Aziz et al.*⁴, *Palmqvist et al.*¹⁶² und *Mc Laren et al.*¹³⁷ in ihren Untersuchungen.

Studien, die dem Geschlecht eine signifikante Auswirkung auf die Überlebenszeit einer Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen nachweisen konnten, sind in der Literatur nicht aufzufinden.

6.2.1.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Kiefer

Vergleicht man die Auswertung der Überlebenszeiten in der vorliegenden Erhebung aus der Überlebenszeitanalyse ergab sich für Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen im OK eine Überlebensrate von 91,8% und für den UK von 92,2% nach 5 Jahren. Die 10-J-ÜR wurde mit 80,0% im OK und 79,6% im UK ausgegeben.

Für die Auswertung der Überlebenszeiten von Einzelzahnkronen bis zur Neuanfertigung in Abhängigkeit von der Kieferlokalisation zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p>0,05$) bezüglich der beiden Vergleichsgruppen.

Dass die Kieferlokalisation keinen Kausalfaktor bezüglich der Langlebigkeit von Einzelzahnkronen darstellt, zeigt sich auch in anderen Studien.^{4, 23} Insbesondere *De Backer et al.*³⁶ berichteten in einer gut vergleichbaren Arbeit mit 1037 Kronen, die über einen Zeitraum von 18 Jahren beobachtet wurden, von keiner Signifikanz hinsichtlich der Position im jeweiligen Kiefer. Nach 12 Jahren zeigten Einzelzahnkronen im OK eine Überlebensrate von 83,8% und Einzelzahnkronen im UK von 88,2%.

Zu einer gegensätzlichen Schlussfolgerung kamen lediglich *Burke et al.*²¹. In ihrer Arbeit zeigten sich nach 10 Jahren deutlich schlechtere Ergebnisse für den OK (60,0%) als für den UK (66%-69%). Als Ursache dafür sehen die Autoren jedoch weniger die schlechte Leistung von Einzelzahnkronen im OK per se, sondern vielmehr die hohe Anzahl an Oberkieferfrontzahnkronen, welche innerhalb der Studie am schlechtesten

von allen Restaurationen abschnitten, und damit das Gesamtergebnis dahingehend beeinflussen.

6.2.1.4 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers

Der Wert der kumulativen 5-J-ÜR für Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen im FZ-Bereich lag bei 94,8%, der im SZ-Bereich bei 90,7%. Die 10-J-ÜR betrug jeweils 84,5% für FZ und 78,2 % für SZ. Es zeigte sich ein signifikanter Unterschied bezüglich des Überlebens von FZ-kronen gegenüber SZ-kronen im Breslow- und Tarone-Ware-Test ($p < 0,05$). Der Log-Rank-Test zeigte keine Signifikanz bezüglich der Gegenüberstellung beider Vergleichsgruppen ($p > 0,05$). An dieser Stelle sei insbesondere auf die unterschiedliche Gewichtung der Ereignisse innerhalb der einzelnen Tests hingewiesen, womit sich die konträren Ergebnisse begründen lassen. Während der Breslow- und Tarone-Ware-Test frühere Ereignisse stärker gewichten als spätere, werden die Ereignisse innerhalb des Log-Rank-Tests alle gleich gewichtet.²⁵⁵

Auch *Burke et al.*²¹ untersuchten Einzelzahnkronen hinsichtlich ihrer Lokalisation innerhalb eines Kiefers über einen Beobachtungszeitraum von 11 Jahren. Dabei konnten sie einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Position und der Überlebenszeit von Einzelzahnkronen aufzeigen. Eckzähne zeigten dabei nach 10 Jahren mit 48% die geringste Überlebensrate, gefolgt von den Frontzähnen mit 55-61%. Die geringeren Überlebenszeiten im anterioren Bereich lassen sich eventuell mit deutlich höheren ästhetischen Ansprüchen der Patienten erklären. Im zahnärztlichen Alltag führen Abplatzungen oder Kronenrandverfärbungen im sichtbaren FZ-Bereich schneller zu Neuankerbungen als im SZ-Bereich.

*Pjetursson et al.*¹⁶⁸ postulierten, dass Einzelzahnkronen aus Glaskeramik und InCeram im posterioren Bereich (Prämolaren und Molaren) ein signifikant geringeres Überleben aufzeigten als solche, die sich im anterioren Bereich befanden (Frontzähne und Eckzähne). Das Auftreten von höheren Kaufkräften im Seitenzahnbereich könnte dabei ein möglicher Erklärungsansatz für dieses Ergebnis sein.

*Gehrt et al.*⁶⁸ wiederum kamen unter Verwendung des Log-Rank-Tests in ihrer Arbeit zu dem Entschluss, dass die Lokalisation der untersuchten Lithiumdisilikatkronen keine Auswirkung auf die Überlebenszeit hatte. Gleiches zeigten *De Backer et al.*³⁵ und gaben Überlebensraten von 80,3% für Molaren, 78,6% für Prämolaren und 75,1% für den FZ-

Bereich nach 18 Jahren an. Eine Signifikanz bezüglich der Kieferposition konnte im Zuge dessen nicht dokumentiert werden. Weiterhin berichtete *Walton*²³⁶, dass Einzelzahnkronen im FZ-Bereich nicht signifikanter länger überlebten als Einzelzahnkronen im SZ-Bereich ($p=0.08$, nicht signifikant). Ferner konnte in der gleichen Studie keine Signifikanz bezüglich der einzelnen Zahntypen nachgewiesen werden ($p=0.08-0.994$). Hierzu findet sich in der Literatur weitere Studien mit demselben Ergebnis.^{7, 68, 190, 208, 226}

6.2.1.5 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Ausführungsart

Der ermittelte Unterschied in der Überlebenszeit der Einzelzahnkrone bis zur Neuversorgung in Abhängigkeit von der Ausführungsart war nicht signifikant ($p>0,05$). Hinsichtlich der kumulativen 5- bzw. 10-J-ÜR wiesen monolithische Einzelzahnkronen Werte von 90,5% bzw. 77,9%, vollverblendete Einzelzahnkronen Werte von 92,3% bzw. 81,9% und teilverblendete Einzelzahnkronen Werte von 91,1% bzw. 70,2% auf.

Das Ergebnis steht im guten Einklang mit der Arbeit von *Fabbri et al.*⁵². Diese dokumentierten ebenfalls keinen signifikanten Einfluss der Ausführungsart auf das Überleben von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen. Weiterhin konnte im Rahmen dessen sowohl für den Frontzahnbereich als auch für den Seitenzahnbereich kein signifikanter Unterschied beider Vergleichsgruppen (monolithische und verblendete Glaskeramikronen) aufgezeigt werden. Auch die Ergebnissen von *Encke et al.*⁴⁸ stehen im Einklang mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Eine Gegenüberstellung von monolithischen Einzelzahnkronen aus Gold und verblendeten Oxidkeramikronen ergab keine signifikante Differenz bezüglich ihrer Überlebenswahrscheinlichkeit. Auch *Bindl et al.*¹³ kamen in ihrer Arbeit zu dem Entschluss, dass monolithische Einzelzahnkronen nicht signifikant längere Überlebenszeiten als verblendete Einzelzahnkronen aufweisen. Diesbezüglich zeigten sich Überlebensraten von 94,4% für monolithische Einzelzahnkronen aus Feldspatkeramik und 91,7% für verblendete Einzelzahnkronen aus Oxidkeramik. Ein direkter Vergleich mit der Publikation ist jedoch schwierig, da wie bereits in Kapitel 6.1 erwähnt keine der Einzelzahnkronen der vorliegenden Arbeit aus Feldspatkeramik gefertigt wurde.

Konträr dazu steht erneut die Arbeit von *Burke et al.*²¹. Monolithische Metallkronen zeigten dabei 5- bzw. 10-J-ÜR von 80% bzw. 68%. Verblendete Keramikmetallkronen und verblendete Vollkeramikronen kamen im Vergleich dazu auf 5- bzw. 10-J-ÜR von 76 % bzw. 62 % und 68 % bzw. 48 %. Demnach ergab sich eine statistische Signifikanz hinsichtlich der Ausführungsart ($p < 0,0001$). Dabei erklärten die Autoren das längere Überleben der monolithischen Metallkronen damit, dass ein Großteil im ästhetisch nicht relevanten Bereich eingegliedert wurde. Verblendete Vollkeramikronen hingegen, welche die niedrigsten Überlebensraten aufwiesen, prädestinieren sich für den Frontzahnbereich und werden häufig - wie bereits erwähnt - aufgrund von Verblendfrakturen oder verfärbten Kronenrändern schneller neuangefertigt.

6.2.1.6 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Werkstoff

In Bezug auf den Werkstoff fand sich im Vergleich kein signifikanter Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur Neuversorgung ($p > 0,05$).

Die 5-J-ÜR ergab 94,7% für Lithiumdisilikatkeramik/ Lithiumsilikatkeramik, 93,0% für Zirkoniumdioxidkeramik, 90,6% für Edelmetall und 91,3% für Nichtedelmetall.

Ebenso ermittelten *Rinke et al.*¹⁸⁵ in ihrer Arbeit, in der Einzelzahnkronen aus Zirkoniumdioxid- bzw. Metallgerüst in Kombination mit einer Keramikverblendung untersucht wurden, keinen signifikanten Einfluss des Werkstoffs auf die Langlebigkeit der Restauration. Dabei zeigten metallische Gerüste eine 5-J-ÜR von 97,6% und Gerüste aus Zirkoniumdioxidkeramik ein Überleben von 94,0% nach 5 Jahren. Auch *Böning et al.*¹⁷ konnten keine Signifikanz hinsichtlich des verwendeten Werkstoffes feststellen. Inhalt ihrer Arbeit war die klinische Bewährung von Einzelzahnkronen aus Lithiumdisilikat, welche mit einer Kontrollgruppe aus metallkeramischen Einzelzahnkronen verglichen wurden. Dabei zeigte sich für Lithiumdisilikatkronen eine Überlebensrate von 97% und für metallkeramische Kronen von 100% nach 3 Jahren. Unterstützt werden die Ergebnisse aus eigener Untersuchung ebenfalls durch die Publikation von *Encke et al.*⁴⁸. Dabei zeigten Einzelzahnkronen aus Zirkoniumdioxid bzw. Gold nach 2 Jahren Überlebensraten von 89,8% bzw. 92,7%. Eine Signifikanz bezüglich des Werkstoffes konnte nicht erwiesen werden.

Lediglich *Pjetursson et al.*¹⁶⁸ konnten hinsichtlich des Werkstoffes eine signifikante Differenz im Vergleich des Überlebens von Glaskeramikkronen und Metallkeramikkronen aufzeigen und erklärten das Ergebnis mit der geringeren Stabilität von Glaskeramiken.

6.2.1.7 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Befestigung

In Bezug auf die Unterscheidung zwischen konventionell eingesetzten und adhäsiv eingesetzten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur Neuanfertigung ($p > 0,05$). Bei den 909 konventionell befestigten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigte sich eine 5-J-ÜR von 91,6% bzw. 10-J-ÜR von 79,9%. Bei adhäsiv befestigten Einzelzahnkronen betragen diese 95,7% bzw. 47,8%.

*Edelhoff et al.*⁴² konnten in ihrer Arbeit ebenfalls keine Signifikanz hinsichtlich der Befestigung herausarbeiten. In diesem Zusammenhang ergaben sich Überlebensraten von 97,9% für konventionell befestigte Einzelzahnkronen und 98,1% für adhäsiv befestigte Einzelzahnkronen. Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit steht somit in Einklang mit der Aussage einer Vielzahl anderer Studien.^{4, 17, 42, 68, 131, 200, 223}

6.2.1.8 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von einer Stiftversorgung

In der vorliegenden Erhebung wurden Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen dahingehend untersucht, ob eine im Vorfeld erfolgte Stiftinsertion Einfluss auf das Überleben hat. Dabei konnte dargelegt werden, dass ein signifikant niedrigeres Überleben der Einzelzahnkronen, welche mit einem Stift versorgt wurden, vorliegt. Nach 5 Jahren waren noch 94,0% der stiftlosen Einzelzahnkronen und 84,6% der Einzelzahnkronen mit Stift in situ. Insbesondere der Vergleich nach 10 Jahren 83,4% (stiftlose Einzelzahnkronen) und 65,6% (Einzelzahnkronen mit Stiftversorgung) verdeutlichen die vorliegende Signifikanz.

Dieses Ergebnis deckt sich sehr gut mit den in der Literatur auffindbaren Ergebnissen. Studien mit ähnlicher Methodik werden im Folgenden diskutiert:

In einer umfassenden Langzeitstudie von *De Backer et al.*³⁶, in der 322 Einzelzahnkronen bei insgesamt 193 Patienten untersucht wurden, konnte ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Überlebenszeit einer Einzelzahnkrone und einer erfolgten Stiftinsertion dargelegt werden. Dabei zeigte sich nach einer Beobachtungszeit von 20 Jahren, dass weniger Pfeilerzähne ohne Stiftversorgung (77,4%) als im Vergleich zu denjenigen mit Stiftinsertion (56,7%) verloren gingen. Dass auch hier die Herstellung der Stifte und Einzelzahnkronen durch Studenten im Rahmen von Studentenkursen erfolgte, spricht für die gute Vergleichbarkeit.

*Mentink et al.*¹³⁹ untersuchten ebenfalls Einzelzahnkronen in Kombination mit Stiftversorgung aus einer gold- oder silberhaltigen Legierung, welche durch Studenten hergestellt wurden, und dokumentierten Überlebensraten für den Frontzahnbereich von 82% nach 10 Jahren. Die deutlich höhere Überlebensrate im Vergleich zu der vorliegenden Arbeit lässt sich womöglich dadurch erklären, dass lediglich Dezementierung, Extraktion und prothetisch Neuplanung als Misserfolgsgründe betrachtet wurden.

Zu einem gegensätzlichen Ergebnis kamen lediglich *Fokkinga et al.*⁵⁷. Hierbei wurden 118 gegossene und 150 vorgefertigte Stiftaufbauten mit 39 stiftfreien Kompositstumpfaufbauten unter Einzelzahnkronen untersucht. Dabei erfolgte zunächst eine Beurteilung und Kategorisierung des verbliebenen Dentinanteils (minimaler oder ausreichend hoher Dentinanteil) vor Stiftinsertion. Als Kernaussage postulierten die Autoren, dass bei ausreichend hohem Dentinanteil eine Stiftversorgung keine bessere klinische Leistung des Zahns erreichen kann. An dieser Stelle sei jedoch anzumerken, dass insgesamt 18 unterschiedliche Zahnärzte für die Anfertigung der insgesamt 307 Einzelzahnkronen verantwortlich waren sowie nach 17 Jahren nur noch 28% der ursprünglichen Fälle zur Verfügung standen, was womöglich das Ergebnis beeinflusste.

6.2.1.9 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von dem Stiftwerkstoff

Der modellierende Faktor „Stiftwerkstoff“ zeigte bei der Betrachtung der Gesamtpopulation keinen signifikanten Einfluss ($p > 0,05$) auf die Verweildauer der Einzelzahnkronen bis zur Neuversorgung. Die Ergebnisse der kumulativen 5-J-ÜR bzw. 10-J-ÜR der Einzelzahnkrone auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigten Werte von 82,3% bzw. 64,1%

für hochgoldhaltige Stifte, für Stifte aus NEM 90,4% bzw. 81,4% und für Glasfaserstifte 89,1% bzw. 40,5%.

Dieses Ergebnis steht im Einklang mit einigen Literaturquellen, die ebenfalls zu dem Entschluss kamen, dass das verwendete Stiftsystem keinen Einfluss auf die Verweildauer von Einzelzahnkronen hat.^{57, 73} Auch *Ellner et al.*⁴⁵ konnten in ihrer Arbeit keinen signifikanten Unterschied bezüglich der Verweildauer von Einzelzahnkronen feststellen, welche zuvor entweder mit Goldstiften (gegossen oder vorgefertigt) oder einer Stiftkonstruktion aus Titanium versorgt wurden.

Konträr dazu offenbarten *Ferrari et al.*⁵⁶ in ihrer retrospektiven Arbeit eine signifikant höhere Verweildauer von Einzelzahnkronen, welche Kompositstifte aufwiesen, als jene, die mit konventionellen Metallstiften versorgt wurden. Ursächlich hierfür war das vermehrte Auftreten von Wurzelfrakturen, wenn Pfeilerzähne zuvor mit einem Metallstift versorgt wurden.

6.2.1.10 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Gegenkieferbe- zahnung

Hinsichtlich der Gegenkieferbe Zahnung zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkrone bis zur Neuversorgung ($p > 0,05$).

Im Schrifttum wurden bezüglich des Einflusses der Gegenkieferbe Zahnung keine Angaben gemacht. Dies lässt insbesondere darauf schließen, dass dieser modellierende Faktor eine eher untergeordnete Rolle in Bezug auf das Überleben von Einzelzahnkronen spielt.

6.2.2 Überlebenswahrscheinlichkeit Zielereignis erste Maßnahme

Die Gesamtpopulation der Einzelzahnkronen mit dem Zielereignis erste Maßnahme zeigten bezüglich der 5- bzw. 10-J-ÜR Werte von 80,3% bzw. 63,3%.

Einige wenige in der Literatur auffindbare Studien, welche speziell das Auftreten erster Maßnahmen als Zielereignis untersuchten, sprechen dabei von sogenannten „komplikationsfreien Raten“.^{68, 175, 174, 177} Dabei wird, wie auch in der vorliegenden Arbeit, eine ereignislose Zeitspanne bis zum Auftreten einer ersten Komplikation betrachtet. Welche Ereignisse als Komplikation gewertet werden, wird dabei wiederum von den Autoren individuell festgelegt. Konforme Literaturquellen werden im Folgenden diskutiert.

*Reich et al.*¹⁷⁷ konnten in ihrer Arbeit ähnliche Ergebnisse für Lithiumdisilikatkronen, welche mittels CAD/CAM-Technologie hergestellt wurden, aufzeigen. Dabei postulierten die Autoren eine komplikationsfreie Rate von 83% nach 4 Jahren, die wiederum nach 4,3 Jahren auf 71% sank. Eine Vielzahl an gemeinsam untersuchten Komplikationen wie Karies, endodontische Eingriffe, Pfeilerzahnbruch, Retentionsverlust, Verblendfraktur/Chipping und komplette Fraktur/Totale Failure lassen eine gute Vergleichbarkeit zu. Die hervorragende Vergleichbarkeit in der Methodik trifft ebenfalls für zwei weitere Arbeiten von *Rauch et al.*^{175, 174} zu. Dabei konnten komplikationsfreie Raten von 70,1% nach 6 Jahren und 76,3% nach 10 Jahren aufgezeigt werden.

Eine höhere komplikationsfreie Rate nach 5 Jahren postulierten *Gehrt et al.*⁶⁸ (95,3%), nach 8 Jahren betrug diese 82,9%. Hierbei sei jedoch darauf hingewiesen, dass die Nachsorgeuntersuchungen stets von demselben Behandler durchgeführt wurden. Im Vergleich dazu erfolgte die Nachuntersuchung in der vorliegenden Studie durch immer wechselnde Studierende sowie approbierte Zahnärzte. Die Variation an Behandlern erklärt dabei womöglich die niedrigeren Werte.

Im Rahmen dessen thematisierten auch *Behr et al.*⁷ in ihrer Studie die Überlebensraten von eingegliederten Einzelzahnkronen bis zum Zeitpunkt der ersten Komplikation. Dabei wurden die 5- bzw. 10-Jahres ereignisfreie Raten nicht als Gesamtwert aller Komplikationen ausgegeben, sondern für die einzelnen Komplikationen selbst. Für das Auftreten einer Karies wurden 5- bzw. 10-Jahres ereignisfreie Raten von 98,7% und 97,2% angegeben. Die Werte für Parodontitis betragen 85,8% und 72,2% und für Retentionsverlust jeweils 92,2% für FZ und 97,1% für SZ.

6.2.2.1 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Kiefer, Ausführungsart, Werkstoff und Stiftwerkstoff

Hinsichtlich der Parameter Alter, Geschlecht, Kiefer, Ausführungsart, Werkstoff und Stiftwerkstoff zeigte sich keine Signifikanz bezüglich der Überlebenszeit der Einzelzahnkronen bis zur ersten ergriffenen Maßnahme ($p > 0,05$).

Bezüglich der oben genannten modellierenden Faktoren und deren Einfluss auf das Überleben einer Einzelzahnkrone bis zur ersten Maßnahme findet sich im Schrifttum keine vergleichbare Studie. Vielmehr grenzt ein Großteil der Publikationen das endgültig Scheitern und damit die Neuanfertigung einer Einzelzahnkrone als Forschungsgegenstand ein. Dabei sollte jedoch angemerkt werden, dass Untersuchungen bezüglich des Auftretens einer ersten Maßnahme wichtige Erkenntnisse liefern könnten, welche das endgültige Scheitern einer Einzelzahnkrone im Vorfeld verhindern könnten.

6.2.2.2 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Befestigung

Bei den 909 konventionell befestigten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigte sich eine 5- bzw. 10-J-ÜR von 79,4% bzw. 63,7%; bei adhäsiv befestigten Einzelzahnkronen betrug diese 90,0% bzw. 46,1%. In Bezug auf die Unterscheidung zwischen konventionell eingesetzten und adhäsiv eingesetzten Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Verweilwahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme ($p > 0,05$).

Lediglich eine weitere Studie thematisierte ebenfalls die Befestigung als modellierenden Faktor. Für adhäsiv bzw. konventionell zementierte Einzelzahnkronen konnten *Gehrt et al.*⁶⁸ in ihrer Arbeit eine komplikationsfreie Rate von 82,0% bzw. 87,1% nach 8 Jahren aufzeigen. Wie auch in der vorliegenden Arbeit konnte ein signifikanter Einfluss der Befestigung ausgeschlossen werden.

6.2.2.3 Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers, Stiftversorgung und Gegenkieferbezaehlung

Der Breslow-Test zeigte einen signifikanten Unterschied in der Verweildauer von FZ-kronen und SZ-kronen ($p < 0,05$). Der Log-Rank und Tarone-Ware-Test fielen bei der Gegenüberstellung beider Vergleichsgruppen nicht signifikant aus ($p > 0,05$). Im Schrifttum zeigt sich diesbezüglich keine vergleichbare Studie.

Bezüglich des Vergleichs von Einzelzahnkronen ohne und mit einer Stiftversorgung zeigte sich im Long-Rank Test eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelzahnkronen ohne Stiftversorgung ($p < 0,05$). Im Breslow- und Tarone-Ware-Test fielen die Ergebnisse nicht signifikant aus ($p > 0,05$). Bezüglich dessen findet sich auch hier keine vergleichbare Literaturquelle.

Ein signifikanter Unterschied bestand in der Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen, die eine herausnehmbare oder implantatgetragene Gegenkieferbezaehlung aufwiesen im Vergleich zu denen, die eine natürliche Bezaehlung, festsitzenden Zahnersatz oder keine Bezaehlung im Gegenkiefer zeigten ($p < 0,05$). Wie bereits in Kapitel 6.2.1.10 erwähnt, findet sich keine Studie, die das Überleben einer Einzelzahnkrone in Abhängigkeit von der im Gegenkiefer befindlichen Versorgung bis zur Neuanfertigung, untersucht. Gleiches zeigte sich dabei für das Zielereignis erste Maßnahme. Auch hier sei erneut auf die scheinbar geringe Bedeutung des modellierenden Faktors in Bezug auf das Überleben einer Einzelzahnkrone hingewiesen.

6.2.3 Gründe für eine Neuanfertigung bzw. erste Maßnahme

Bei 175 (17,5%) von insgesamt 996 Einzelzahnkronen mussten erste Maßnahmen ergriffen werden, während bei 83,4% keine Komplikationen auftraten. Bei 74 (7,4%) Einzelzahnkronen führten die Komplikationen zu einer Neuanfertigung.

Lediglich eine weitere Studie sah eine getrennte Betrachtung der Gründe für beide Zielereignisse (Neuanfertigung und erste Maßnahme) vor. In einer Arbeit von Örtorp *et al.*¹⁶⁰, welche Einzelzahnkronen aus Zirkoniumdioxid hinsichtlich ihrer klinischen Leistung untersuchten, wurden ähnliche Ergebnisse dokumentiert. Dabei zeigten sich bei 88% der Einzelzahnkronen keine Komplikationen. Demnach wiesen 29 Einzelzahnkronen Komplikationen auf und bei 19 (9%) führten die angegebenen Komplikationen (Chip-

ping, Retentionsverlust, Fraktur, Extraktion, Karies, persistierender Dolor) zu einer Neuanfertigung. Es sei darauf hingewiesen, dass ein Großteil der Studien die Gründe für eine erste Maßnahme nicht thematisieren, was eine Vergleichbarkeit erschwert.

6.2.3.1 Retentionsverlust

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten, dass bei fünf (0,5%) von insgesamt 996 Einzelzahnkrone neuangefertigt werden mussten. Bei 14 (1,4%) Einzelzahnkronen musste aufgrund eines Retentionsverlustes eine erste Maßnahme ergriffen werden.

Retentionsverlust bzw. Dezementierung ist eine in der Literatur bekannte und häufig auftretende Komplikation von Einzelzahnkronen. Das Auftreten eines Retentionsverlustes wird in der Arbeit von *Örtorp et al.*¹⁶⁰ mit einer Häufigkeit von neun betroffenen Einzelzahnkronen angegeben. Bei sechs dezementierten Einzelzahnkronen musste eine Neuanfertigung erfolgen. Die Gesamtanzahl an dezementierten Einzelzahnkronen wird mit 15 (7%) angegeben, wobei ein Großteil der SZ-Region angehörte. Die Werte dieser Arbeit liegen damit über den Werten aus eigener Forschung, welches womöglich dadurch zu erklären ist, dass lediglich Vollkeramikronen aus Zirkoniumdioxid in die Untersuchung einbezogen wurden. Insbesondere der hohe Zahnhartsubstanzverlust, der im Zuge der Präparation zur Aufnahme einer Vollkeramikkrone unumgänglich ist, führt zu einer reduzierten Stumpffgröße und erhöht demnach das Risiko einer Dezementierung.

Weitere Literaturquellen, welche Retentionsverluste verzeichneten, gaben prozentuale Werte bezogen auf die Gesamtanzahl der auftretenden Komplikationen an. *Walton*²³⁸ dokumentierten drei Retentionsverluste bei insgesamt 133 auftretenden Komplikationen (2,2%). *Rinke et al.*¹⁸⁵ berichteten von fünf Dezementierungsfällen bei insgesamt 91 untersuchten Einzelzahnkronen. Auch *Behr et al.*⁷ thematisierten in ihrer Arbeit Retentionsverlust als Komplikation von Einzelzahnkronen und gaben diesen mit einer Häufigkeit von 3,8% an. Dennoch fügen sich die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit dahingehend in das Schrifttum, dass Retentionsverlust als eine eher selten auftretende Komplikation von Einzelzahnkronen angesehen werden kann.

6.2.3.2 Randschlussmängel

Ein Randschlussmangel führte bei 0,1% der 996 eingegliederten Einzelzahnkronen zu einer Neuanfertigung, bei 0,3% der Einzelzahnkronen zu einer ersten Maßnahme,

Dabei scheint die geringe Häufigkeit an Einzelzahnkronen, welche Randschlussmängel aufwiesen, plausibel, wenn man beachtet, dass Sitz und Ausdehnung der Einzelzahnkrone vor dem Eingliederungszeitpunkt streng geprüft werden. Besonders im Rahmen der studentischen Kurse sorgt die Kontrolle durch mehrere approbierte Zahnärzte dafür, dass überextendierte oder unterextendierte Kronenränder mit großer Sicherheit registriert werden. Erst wenn eine einwandfreie Passgenauigkeit der Einzelzahnkrone auf ihrem Pfeilerzahn sichergestellt werden kann, wird die Einzelzahnkrone eingegliedert.

Aufgrund der Bedeutung des Randschlusses im Zusammenhang mit der Langlebigkeit einer Einzelzahnkrone findet sich die Thematik durchaus in der Literatur wieder. Hierbei sei jedoch daraufhin gewiesen, dass Randschlussmängel häufig die Ursache für Sekundärkaries oder parodontale Problematiken darstellen und auftretende Fälle demnach als solches gelistet werden. Der Randschlussmangel als möglicher Grund für eine Neuanfertigung bzw. erste Maßnahme im Zusammenhang von Überlebensraten von Einzelzahnkronen ist daher nicht aufzufinden.

6.2.3.3 Verblendfraktur/Chipping

Bei vier (0,4%) Einzelzahnkronen erfolgte eine Neuanfertigung aufgrund von Chipping. In der vorliegenden Studie zeigten 13 (1,3%) Einzelzahnkronen eine Verblendfraktur. Dies steht in Einklang mit den Werten von Örtorp *et al.*¹⁶⁰. Bei diesen kam es aufgrund von Verblendfrakturen bei vier Einzelzahnkronen zu einer Neuversorgung, während bei zwei Einzelzahnkronen die Verblendfraktur ohne Notwendigkeit einer Neuversorgung beschrieben wurde.

Weiterhin finden sich innerhalb der Literatur Werte für Verblendfrakturen von 1,7% bis 4,7%.^{7, 23, 68, 238} Die in der vorliegenden Arbeit niedrige Häufigkeit an Verblendfrakturen lässt sich zum einen dadurch erklären, dass sich der prozentuale Wert auf die Gesamtanzahl der Einzelzahnkronen bezieht und nicht wie in anderen Studien als prozentualer Wert aller auftretender Komplikationen errechnet wird. Zum anderen handelt es sich bei einem Großteil der in der vorliegenden Studie einbezogenen Einzelzahnkronen um ke-

ramisch verblendete Metalle. Ursächlich für den höheren Anteil an Verblendungsfrakturen anderer Studien könnte demnach die größere Anzahl an Vollkeramikkrone sein welche, wie bereits in Kapitel 1 erwähnt, ein höheres Chippingrisiko aufweisen.

6.2.3.4 Komplette Fraktur/Total Failure

Eine komplette Fraktur der eingegliederten Einzelzahnkrone trat in dieser Studie bei keiner der 996 eingegliederten Einzelzahnkrone auf.

Dieses aus zahnärztlicher Sicht positive Ergebnis steht eventuell in Zusammenhang mit dem großen Nachsorgeprogramm der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen selbst. Die regelmäßige Teilnahme am Recallprogramm sowie die strenge Kontrolle hinsichtlich klinischer und werkstoffkundlicher Aspekte der eingegliederten Einzelzahnkrone ermöglichen es, Problematiken frühzeitig zu erkennen und das Ausbreiten einer kompletten Fraktur zu verhindern. Daneben könnte der hohe Anteil an Metallkrone das vorliegende Ergebnis womöglich dahingehend beeinflusst haben. Wie bereits in Kapitel 3.2.1 erwähnt zeichnen sich diese aufgrund ihrer Risszähigkeit als langlebige Werkstoffgruppe für Einzelzahnkrone aus.^{188, 233}

Dass „Total Failure“ eine eher untergeordnete Rolle zu spielen scheint, unterstützt auch die Arbeit von *Walton*²³⁸. Hierbei zeigte sich selbst über einen Beobachtungszeitraum von 25 Jahren bei keiner der 2340 eingegliederten hochgoldhaltigen Einzelzahnkrone eine komplette Fraktur. Ähnliches zeigte *Walton*²³⁶ bereits in einer vorherigen Studie. Auch *Örtorp et al.*¹⁶⁰ dokumentierten keine Fraktur ihrer aus einem Zirkoniumdioxidgerüst gefertigten Einzelzahnkrone. Eine Literaturquelle von *Gehrt et al.*⁶⁸ berichtet ebenfalls von einer geringen Häufigkeit an kompletten Kronefrakturen. Lediglich zwei Lithiumdisilikatkrone (2,1%) frakturierten. Als Ursache für die zwei Frakturen gaben die Autoren neben einer zuvor erfolgten Stiftinsertion auch das Ausbleiben einer regelmäßigen Nachsorgeuntersuchung an.

6.2.3.5 Parodontale Beschwerden

Insgesamt mussten zwölf Einzelzahnkronen (12%) aufgrund parodontalen Beschwerden neuangefertigt werden. Bei 50 Einzelzahnkronen (5%) führten parodontale Beschwerden zu einer ersten Maßnahme.

Unterstützt wird das hohe Ergebnis durch die Aussage von *Chaar et al.*²³. Ihre klinische Untersuchung von Metallkeramikronen verzeichnete parodontale Beschwerden als eines der häufigsten Komplikationen. Für die Häufigkeit wurden Werte von 6,1% angegeben. Dabei kam es bei keinem der untersuchten Fälle zu einer Neuanfertigung. Gleiches zeigte sich in einer Studie von *De Backer et al.*³⁶. Hier traten parodontale Beschwerden als zweithäufigster Grund für das Scheitern einer Einzelzahnkrone auf und verzeichneten damit 17,2 % aller Komplikationen. Ebenso dokumentierten *Behr et al.*⁷ mit 144 Fällen (14,4%) einen hohen Anteil an Parodontitis.

Wie bereits in Kapitel 3.4.5 erläutert, wird dem Alter der Patienten im Zusammenhang mit Parodontopathien ein hoher Wert beigemessen.⁹¹ Im Mittel waren die Patienten aus eigener klinischer Untersuchung $56,19 \pm 14,49$ (Minimum 18,62 und Maximum 89,03) Jahre alt. Dass überwiegend ältere Patienten in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität in Gießen behandelt werden, könnte demnach eine mögliche Erklärung für die Häufigkeit an parodontalen Beschwerden in der vorliegenden Studie sein.

6.2.3.6 Endodontische Behandlung

Eine endodontische Behandlung war bei vier Einzelzahnkronen (0,4%) notwendig. Bei 14 der insgesamt 996 eingegliederten Einzelzahnkronen war eine erste Maßnahme notwendig. Dies entspricht einem prozentualen Wert von 1,4%.

Endodontische Problematiken zählen zu den häufigsten Komplikationen im Rahmen der prothetischen Versorgung mit Einzelzahnkronen. In einer gemeinsamen Stellungnahme der DGZPW und DGZMK wird diesbezüglich berichtet, dass 4% der Pfeilerzähne 5 Jahre nach Überkronung eine apikale Ostitis aufzeigen. Nach 10 Jahren reagieren 15 % der Pfeilerzähne nicht mehr sensibel.⁷⁰ Auch in der vorliegenden Arbeit wurden endodontische Behandlungen häufig als Grund für eine erste Maßnahme registriert.

Dennoch liegen die Ergebnisse aus eigener Studie unter den in der Literatur angegebenen Werten von 2,1-4%.^{37, 68, 160} Ein möglicher Erklärungsansatz liegt in der unterschiedlichen Anfertigung der Einzelzahnkronen. Der Großteil der in der vorliegenden Arbeit berücksichtigten Einzelzahnkronen wurde durch Studierende angefertigt. Diese unterliegen im Vergleich zu approbierten Zahnärzten in den Praxen einem geringeren zeitlichen Druck, welches womöglich eher ein Einhalten der Präparationsregeln ermöglicht und damit das Risiko für eine Entzündung des Pfeilerzahns verringern.

*Rauch et al.*¹⁷⁵ wiederum verzeichneten eine deutlich höhere Häufigkeit (8,2%) bei der Untersuchung von mit monolithischen Lithiumdisilikatkronen. Die Autoren gaben diesbezüglich an, jeden Pfeilerzahn, welcher im Zuge der Nachsorgeuntersuchung negativ auf den Vitalitätstest reagierte, als Ereignis gewertet zu haben, was womöglich die deutlich höheren Werte im Vergleich zur vorliegenden Arbeit erklärt.

6.2.3.7 Karies

Bei acht (0,8%) der 996 mit in die Studie einbezogenen Einzelzahnkronen führte die Karies zu einer Neuanfertigung. Aus der elektronischen Datenerfassung gingen zwei (0,2%) Einzelzahnkronen hervor, bei denen aufgrund einer Karies eine erste Maßnahme erfolgen musste.

Es zeigte sich, dass Karies eine eher untergeordnete Rolle bezüglich des Schicksals einer Einzelzahnkrone spielte. Auch hier ist womöglich ein enges Nachsorgeintervall ursächlich für die geringe Kariesrate. Beginnende Zahnhartsubstanzveränderungen können dabei in regelmäßigen Recallsitzungen mit engen Intervallen röntgenologisch aber auch klinisch frühzeitig erkannt und behandelt werden.

Vergleichbar niedrige Ergebnisse lieferten auch *Gehrt et al.*⁶⁸ (1,1%). Karies im Zusammenhang mit Einzelzahnkronen trat auch in der Arbeit von *Pröbster et al.*¹⁷¹ auf. Hier zeigte sich eine vergleichbar geringe Anzahl an kariösen Prozessen (sechs von 89 Einzelzahnkronen). *Schmitz et al.*²⁰¹ postulierten in ihrer Arbeit, dass keine der 627 monolithischen Einzelzahnkronen während des gesamten Beobachtungszeitraums Karies aufzeigte.

Lediglich *Chaar et al.*²³ berichtet über eine vergleichsweise hohe Kariesrate. Dabei zeigten sieben Einzelzahnkronen bei vier Patienten (13,8%) eine Demineralisation. Die

Autoren gaben auch an, dass diese Patienten bei allen Nachsorgeuntersuchungen einen konstant hohen Plaqueindex aufwiesen und konnten keinen Zusammenhang zwischen einer Sekundärkaries und der Randschlusspassung feststellen.

6.2.3.8 Persistierender Dolor

Nur 0,2% der Einzelzahnkronen mussten aufgrund persistierenden Dolor neuangefertigt werden. Allerdings ging persistierender Dolor als häufigste Ursache für eine erste Maßnahme hervor (3,2%).

Auffällig hierbei ist die Differenz in der Häufigkeit bezüglich beider Zielereignisse. Dass Schmerzen auch nach Eingliederung von Einzelzahnkronen zeitweise auftreten, ist in der Literatur bekannt und lässt die Ergebnisse aus eigener Forschung plausibel erscheinen. Für Neuanfertigungen wurden in vergleichbaren Studien ebenfalls geringere Häufigkeiten verzeichnet.^{160, 238}

Weitere Literaturquellen waren diesbezüglich nicht auffindbar, was vermutlich daran liegen könnte, dass Schmerz eine subjektive Sinneswahrnehmung ist und der Vergleich des Parameters aufgrund dessen erschwert wird.

6.2.3.9 Pfeilerfraktur

Die Fraktur der Pfeilerzähne, welche zur Neuanfertigung der Einzelzahnkrone führte, wurde in sechs Fällen (0,6 %) dokumentiert.

Von den sechs dokumentierten Fällen waren drei Pfeilerzähne zum Zeitpunkt der Fraktur mit einem Stift versorgt. Dass Stiftversorgungen einen signifikanten Kausalfaktor in Bezug auf die Überlebenszeit von Einzelzahnkronen darstellt, konnte bereits in der vorliegenden Arbeit dargelegt werden (siehe Kapitel 5.1.1.8 und 5.1.2.8).

Auch *De Backer et al.*³⁷ berichteten von Frakturen der Pfeilerzähne als eine eher selten auftretende Komplikation von Einzelzahnkronen und gaben diese mit einem prozentualen Anteil von 12,9% aller auftretenden Gründe an.

Gegensätzliches berichtete lediglich *Walton*²³⁸ in seiner Arbeit. Hierbei zeigte sich bei einer Gesamtzahl an 2340 versorgten Pfeilerzähnen das Auftreten von 16 Kronenwur-

zelfrakturen bzw. 34 Wurzelfrakturen. Der prozentuale Anteil bezogen auf die Gesamtzahl an auftretenden Gründen lag bei 12,0% bzw. 25,6%.

6.2.3.10 Extraktion

Zu einer Extraktion des Pfeilerzahnes kam es bei 20 der 995 eingegliederten Einzelzahnkronen. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 2%. In 17 Fällen (1,7%) war die Extraktion gleichzeitig auch die ersten ergriffene Maßnahme. Zur besseren Verständlichkeit sei darauf hingewiesen, dass drei Einzelzahnkronen, welche extrahiert werden mussten, vorher bereits andere Gründe, welche das Ergreifen einer ersten Maßnahme erforderten, aufzeigten. Dies erklärt wiederum die unterschiedlichen Werte für beide Zielereignisse. Ähnliche Ergebnisse finden sich in den Studien von *Örtorp et al.*¹⁶⁰ (3%) und *Erpenstein et al.*⁵⁰ (2,1%).

6.2.3.11 Prothetische Neu- oder Umplanung

Aufgrund prothetischer Neu- oder Umplanung mussten 18 Neuanfertigungen von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen durchgeführt werden. Bei 18 Fällen wurde eine prothetische Neu- oder Umplanung als erste ergriffene Maßnahme registriert. Dies entspricht jeweils einem prozentualen Anteil von 1,8%.

Der Patientenstamm der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität in Gießen besteht größtenteils aus Patienten, welche nach erfolgreich abgeschlossener Behandlung in ein Recallprogramm aufgenommen werden. Mit steigendem Alter kann der Verlust von Zähnen eine Erweiterung des Zahnersatzes notwendig werden lassen, welche in prothetische Neu- oder Umplanungen resultieren.

Vergleichbare Studien konnten sich diesbezüglich nicht auffinden lassen. Mitunter zeigen einigen Überlebenszeitanalysen nur geringe Beobachtungszeiträume von wenigen Jahren auf, was eine Untersuchung des Parameters überflüssig werden lässt.^{113, 192, 200, 201, 259} Andere Studien wiederum untersuchten Einzelzahnkronen hinsichtlich bestimmter Parameter, wie etwa Werkstoffklassen oder Befestigungszemente, wodurch der ganzheitliche Kaukomfort nicht im Fokus der Studie stand.

6.3 Schlussfolgerung und klinische Relevanz

Die steigende Zahl an neuen Restaurationmaterialien und Herstellungsverfahren, welche zum Teil ohne klinische Langzeituntersuchungen auf den Markt gebracht werden, erschwert die Auswahl der geeigneten Materialkonzepte im täglichen zahnärztlichen Praxisalltag. Trotz der rasanten Entwicklung im Bereich des Dentalmarktes und einer Vielzahl an Herstellern, welche Versprechungen bezüglich verbesserter ästhetischer und mechanischer Eigenschaften ihrer Produkte machen, zeigten die Ergebnisse der eigenen Untersuchung, dass bezüglich der modellierenden Faktoren „Werkstoff“ und „Ausführungsart“ keine der Vergleichsgruppen eine signifikant bessere klinische Bewährung aufwies.

Als Fazit für den Praxisalltag lässt sich demnach ableiten, dass neben den herkömmlichen auch die neueren Einzelzahnkronenkonzepte eine adäquate Therapieform darstellen. Diese Erkenntnis wird auch durch die von der AG Keramik durchgeführten Praxisbefragungen in den Jahren 2015, 2016 und 2017 gestützt, welche ergaben, dass neue Werkstoffgruppen mit monolithischem Konzept sowie die vollkeramischen Systeme einschließlich der dazugehörigen Herstellungsverfahren bereits flächendeckenden Einzug in die zahnärztlichen Praxen hielten.³⁹

Zusätzlich zeigten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, dass bei der Behandlungsplanung insbesondere auf Pfeilerzähne geachtet werden sollte, welche mit Stiften versorgt oder im Seitenzahnbereich lokalisiert waren. Diese Gruppen verweilten signifikant kürzer. Genauso zeigten Einzelzahnkronen mit herausnehmbarem bzw. implantatgetragem Zahnersatz als Gegenkieferbezaahnung eine signifikant geringere Überlebenszeit, was ebenfalls in der Planung berücksichtigt werden sollte.

Schlussfolgernd lässt sich sagen, dass Einzelzahnkronen als prothetische Versorgungsform natürlicher Pfeilerzähne nach wie vor eine erfolgsversprechende und langbewährte Therapieform darstellen, was durch die guten 5- bzw. 10-Jahres-Überlebensraten der vorliegenden Studie untermauert wird. Daneben unterstützt die in dieser Untersuchung aufgefundene geringe Häufigkeit an Komplikationen die Zuverlässigkeit dieser kleinsten prothetischen Einheit.

7 Zusammenfassung

In den letzten Jahrzehnten sorgten technische Innovationen sowie verbesserte Herstellungsverfahren für eine rasante Materialentwicklung im Bereich des Dentalmarktes. Neue, ästhetisch ansprechende Werkstoffgruppen für Einzelzahnkronen traten der verblendeten Metallkrone als ernstzunehmende Alternative entgegen. Der aktuelle Dentalmarkt bietet eine Vielzahl an Einzelzahnkronenkonzepten. Die große Auswahlmöglichkeit kann die Planung des individuellen Patientenfalls im zahnärztlichen Alltag dahingehend erschweren.

Für die Bewertung von Einzelzahnkronen kann das Langzeitüberleben als Erfolgskriterium herangezogen werden und hilfreich bei der patientenbezogenen geeigneten Konzeptauswahl sein. Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden retrospektiven Longitudinalstudie eine Überlebenszeitanalyse vorgenommen. Anhand dieser sollte die klinische Bewährung der Einzelzahnkronen in Abhängigkeit von modellierenden Faktoren untersucht werden.

Dabei wurden insgesamt 996 Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen von insgesamt 430 Patienten (238 weiblich, 192 männlich), welche im Zeitraum von 2004 bis 2020 in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen eingegliedert wurden, in die Studie einbezogen. Ein Patient konnte je nach Anzahl an Einzelzahnversorgungen einfach oder mehrfach in die Datenerfassung eingehen. Als statistische Methodik wurde das nichtparametrische Verfahren der Kaplan-Meier-Analyse herangezogen. Betrachtet wurden sowohl das Zielereignis Neuanfertigung als auch erste Maßnahme.

Während des gesamten Beobachtungsintervalls mussten von insgesamt 996 Einzelzahnkronen 74 (7,4%) neuangefertigt und bei 175 (17,5%) eine erste Maßnahme ergriffen werden.

Bezüglich des Zielereignisses Neuanfertigung zeigten sich 5- bzw. 10-Jahres-Überlebensraten von 92,0% bzw. 80,0%. Hinsichtlich der untersuchten modellierenden Parameter fiel der Faktor „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ im Breslow- und Tarone-Ware-Test signifikant ($p < 0,05$). Frontzahnkronen wiesen eine höhere Überlebensrate als

Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich auf. Weiterhin zeigte sich eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit von Einzelzahnkronen ohne Stiftversorgung ($p < 0,05$).

Gründe für eine Neuanfertigung waren dabei Extraktion ($n=20$), prothetische Neu- oder Umplanung ($n=18$), parodontale Beschwerden ($n=12$), Pfeilerfraktur ($n=6$), Retentionsverlust ($n=5$), Verblendfraktur/Chipping ($n=4$), endodontische Behandlung ($n=4$), persistierender Dolor ($n=2$), Karies ($n=2$) und Randschlussmängel ($n=1$).

Für das Zielereignis erste Maßnahme konnten 5-Jahres bzw. 10-Jahres-Überlebensraten Werte von 80,3% bzw. 63,3% verzeichnet werden. Hinsichtlich der Lokalisation innerhalb des Kiefers ergab sich ein signifikanter Unterschied in der Verweildauer (Breslow-Test, $p < 0,05$) beider Vergleichsgruppen. Frontzahnkronen wiesen eine höhere Überlebensrate als Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich auf. Ferner lag eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit der Einzelzahnkronen vor, welche zuvor nicht mit einem Stift versorgt wurden (Log-Rank-Test, $p < 0,05$). Befand sich in der Gegenbeziehung der Einzelzahnkrone herausnehmbarer oder implantatgetragener Zahnersatz, zeigten sich signifikant früher prothetische Nachsorgemaßnahmen als bei einer natürlichen Beziehung, festsitzendem Zahnersatz oder keiner Beziehung im Gegenkiefer ($p < 0,05$).

Gründe, die zu einer ersten Maßnahme führten, waren dabei parodontale Beschwerden ($n=50$), persistierender Dolor ($n=32$), prothetische Neu- oder Umplanung ($n=18$), Extraktion ($n=17$), endodontische Behandlung ($n=14$), Retentionsverlust ($n=14$), Verblendfraktur/Chipping ($n=13$), Karies ($n=8$), Pfeilerfraktur ($n=6$) und Randschlussmängel ($n=3$).

8 Summary

Throughout the last decades, technical innovations and improved production processes have brought forth a rapid material development in the dental market. New, esthetically appealing groups of material for single tooth crowns were introduced acting as a serious alternative for the blended metal crown. The current dental market offers a wide range of single tooth crown concept, making it difficult to plan the individual patient case in everyday dental practice.

For the evaluation of single tooth crowns, long-term survival can be used as an indicator for success and can be helpful in selecting a concept. For this reason, a survival analysis was performed in the present retrospective longitudinal study. The aim was to investigate the clinical performance of single tooth crowns as a function of modeling factors.

In this study, 996 single tooth crowns on natural abutment teeth of 430 participants (238 female, 192 male) who were patients at the Department of Prosthodontics at the Dental Clinic in Giessen throughout the time frame from 2004 to 2020 were examined. Depending on the quantity of single tooth crown procedures, a patient could be integrated into the data collection of this research study as a single case count or be counted multiple times. With regards to statistical methodology, the non-parametrical procedure of the Kaplan-Meier-Analysis was utilized observing the target events of new manufactures and first interventions.

During the entire observation interval, 74 (7.4%) of a total of 996 single tooth crowns needed to be newly manufactured and 175 (17.5%) of a total of 996 needed to go through a first intervention.

Regarding to the target goal of new manufactures, a 5-year survival rate was observed in 92.0% of cases and a 10 year survival rate in 80.0% of the cases. With respect to the examined and modelling parameters, the factor of “localization inside the jaw” displayed significant outcomes when applying the Breslow- und Tarone-Ware-Test ($p < 0.05$). Moreover, a significantly higher survival rate was observed in single tooth crowns which have not been treated with a cast post and core ($p < 0.05$).

The number of reasons given for the need for a new manufactures are as follows: an extraction without further details given (n=20), prosthetic new designing/redesigning (n=18), periodontal problems (n=12), loss of retention (n=5), fracture (n=6), veneer fracture/chipping (n=4), endodontic treatment (n=4), persistent pain (n=2), caries (n=2) and marginal fit problems (n=1).

In view of the target goal of first intervention, the data showed a 5 year survival rate in 80.3% of cases and a 10 year survival rate in 63.3% of cases. With regards to the localization inside the jaw, findings indicate a significant difference in the retention time (Breslow-Test, $p < 0.05$) of both comparison groups. A significantly higher difference was found in the survival rate of single tooth crowns that have not been treated with a cast post and core (Log-Rank-Test, $p < 0.05$). If the opposing dentition of the single tooth crown included a removable or implanted denture, prosthetic complications occurred significantly earlier than with natural dentition, non-removable denture or no dentition in the opposing jaw ($p < 0.05$).

Reasons that led to a first intervention were observed to be as follows: periodontal problems (50), persistent pain (32), prosthetic new designing/redesigning (18), extraction without further details given (17), endodontic treatment (14), loss of retention (14), veneer fracture/chipping (13), caries (8), fracture (6) and marginal fit problems (3).

9 Darstellungsverzeichnis

9.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 3.1 Konventionelles (blau) und digitales (grün) Herstellungsverfahren	8
Abb. 3.2 Schichtverbundsystem.....	10
Abb. 3.3 Monolithische Krone.....	10
Abb. 3.4 Übersicht dentaler Keramiken (modifiziert nach <i>Lohbauer et al.</i> ¹²³)	13
Abb. 3.5 Suchstrategie der Literaturrecherche.....	18
Abb. 4.1 Suchstrategie für die Studienpopulation mit Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen	38
Abb. 5.1 Überlebenszeitanalyse aller untersuchten Einzelzahnkronen (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996,Kaplan-Meier	44
Abb. 5.2 Kumulative Hazard-Funktion aller untersuchten Einzelzahnkronen (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996	45
Abb. 5.3 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Patientengeschlecht“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier	47
Abb. 5.4 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Patiengeschlecht“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996.....	47
Abb. 5.5 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier.....	49
Abb. 5.6 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996	49
Abb. 5.7 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier.....	51
Abb. 5.8 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996	51

Abb. 5.9 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier	53
Abb. 5.10 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996.....	53
Abb. 5.11 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier.....	56
Abb. 5.12 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996	56
Abb. 5.13 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier.....	58
Abb. 5.14 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996	58
Abb. 5.15 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier	60
Abb. 5.16 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996.....	60
Abb. 5.17 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=210, Kaplan-Meier.....	62
Abb. 5.18 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=210	62
Abb. 5.19 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Gegenkieferbezahnung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996, Kaplan-Meier.....	64
Abb. 5.20 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen differenziert nach der „Gegenkieferbezahnung“ (Zielereignis: Neuanfertigung), n=996	65
Abb. 5.21 Überlebensfunktion aller Einzelzahnkronen (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier.....	66
Abb. 5.22 Kumulative Hazard-Funktion aller untersuchten Einzelzahnkronen (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996.....	67

Abb. 5.23 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Patientengeschlecht“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier.....	69
Abb. 5.24 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Patientengeschlecht“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996.....	69
Abb. 5.25 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier	71
Abb. 5.26 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Kiefer“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996...	71
Abb. 5.27 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: erste Maßnahme) n=996, Kaplan-Meier	73
Abb. 5.28 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Lokalisation innerhalb des Kiefers“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996	73
Abb. 5.29 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier.....	75
Abb. 5.30 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Ausführungsart“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996.....	75
Abb. 5.31 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier.....	77
Abb. 5.32 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Werkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996	78

Abb. 5.33 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier..... 80

Abb. 5.34 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Befestigung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996 80

Abb. 5.35 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier..... 82

Abb. 5.36 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach einer „Stiftversorgung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996..... 82

Abb. 5.37 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=210, Kaplan-Meier..... 84

Abb. 5.38 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach dem „Stiftwerkstoff“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=210..... 84

Abb. 5.39 Überlebensfunktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Gegenkieferbezahnung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996, Kaplan-Meier..... 87

Abb. 5.40 Kumulative Hazard-Funktion der Einzelzahnkronen bis zur ersten Maßnahme differenziert nach der „Gegenkieferbezahnung“ (Zielereignis: erste Maßnahme), n=996..... 87

9.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 3-1 Farbcodierung entsprechend der Ausführungsart und des Herstellungsverfahrens	20
Tab. 3-2 Überlebensraten von Einzelzahnkronen auf natürlichen Pfeilerzähnen.....	22
Tab. 4-1 aus dem MZD Programm entnommene und ausgewertete Daten.....	39
Tab. 5-1 Gründe für Neuversorgungen und erste Maßnahmen inkl. Anzahl der betroffenen Einzelzahnkronen (n=996).....	43
Tab. 5-2 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler aller Einzelzahn-kronen, Verweildaueranalyse (in Jahren).....	44
Tab. 5-3 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht, Verweildaueranalyse (in Jahren).....	46
Tab. 5-4 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Kiefer, Verweildaueranalyse (in Jahren)	48
Tab. 5-5 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb eines Kiefers, Verweildaueranalyse (in Jahren)	50
Tab. 5-6 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Ausführungsart, Verweildaueranalyse (in Jahren)	52
Tab. 5-7 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95 %-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Werkstoff, Verweildaueranalyse (in Jahren)	54
Tab. 5-8 Kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR in Abhängigkeit von dem Werkstoff	55
Tab. 5-9 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Befestigung, Verweildaueranalyse (in Jahren).....	57
Tab. 5-10 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von einer Stiftversorgung, Verweildaueranalyse (in Jahren)	59
Tab. 5-11 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Stiftwerkstoff, Verweildaueranalyse (in Jahren)	61
Tab. 5-12 Mittlere Überlebenszeiten in Abhängigkeit von der Gegenkieferbezaehlung, Verweildaueranalyse (in Jahren)	63

Tab. 5-13 kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR in Abhängigkeit von der Gegenkieferbezaehlung	63
Tab. 5-14 Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit (in Jahren)	64
Tab. 5-15 Mittlere Überlebenszeit inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler aller Einzelzahnkronen, Verweildaueranalyse (in Jahren).	66
Tab. 5-16 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Patientengeschlecht, Verweildaueranalyse (in Jahren)	68
Tab. 5-17 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Kiefer, Verweildaueranalyse (in Jahren)	70
Tab. 5-18 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Lokalisation innerhalb des Kiefers, Verweildaueranalyse (in Jahren)	72
Tab. 5-19 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Ausführungsart, Verweildaueranalyse (in Jahren)	74
Tab. 5-20 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Werkstoff, Verweildaueranalyse (in Jahren)	76
Tab. 5-21 5- bzw. 10-J-ÜR bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von dem Werkstoff	76
Tab. 5-22 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Befestigung, Verweildaueranalyse (in Jahren)	79
Tab. 5-23 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Stiftversorgung, Verweildaueranalyse (in Jahren)	81

Tab. 5-24 Mittlere Überlebenszeiten inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von dem Werkstoff der Stiftversorgung, Verweildaueranalyse (in Jahren)	83
Tab. 5-25 Mittlere Überlebenszeiten bis zur ersten Maßnahme inkl. 95%-Konfidenz-Intervall und Standardfehler in Abhängigkeit von der Gegenkieferbezahlung, Verweildaueranalyse (in Jahren)	85
Tab. 5-26 Kumulative 5- bzw. 10-J-ÜR bis zur ersten Maßnahme in Abhängigkeit von der Gegen-kieferbezahlung.....	86
Tab. 5-27 Unterschreitung der 90%- bzw. 50%-igen Überlebenswahrscheinlichkeit bis zur ersten Maßnahme (in Jahren)	86

10 Literaturverzeichnis

1. Aboushelib M. N. Fatigue and fracture resistance of zirconia crowns prepared with different finish line designs. *J Prosthodont*; 21: 22-27; 2012.
2. Akin A., Toksavul S., Toman M. Clinical Marginal and Internal Adaptation of Maxillary Anterior Single All-Ceramic Crowns and 2-year Randomized Controlled Clinical Trial. *J Prosthodont*; 24: 345-350; 2015.
3. Anusavice K. J. Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal-ceramic fixed dental prostheses. *Dent Mater*; 28: 102-111; 2012.
4. Aziz A., El-Mowafy O., Tenenbaum H. C., Lawrence H. P., Shokati B. Clinical performance of chairside monolithic lithium disilicate glass-ceramic CAD-CAM crowns. *J Esthet Restor Dent*; 31: 613-619; 2019.
5. Badawy R., El-Mowafy O., Tam L. E. Fracture toughness of chairside CAD/CAM materials - Alternative loading approach for compact tension test. *Dent Mater*; 32: 847-852; 2016.
6. Bader J. D., Shugars D. A. Summary review of the survival of single crowns. *Gen Dent*; 57: 74-81; 2009.
7. Behr M., Zeman F., Baitinger T., Galler J., Koller M., Handel G., Rosentritt M. The clinical performance of porcelain-fused-to-metal precious alloy single crowns: chipping, recurrent caries, periodontitis, and loss of retention. *Int J Prosthodont*; 27: 153-160; 2014.
8. Beier U. S., Kapferer I., Dumfahrt H. Clinical Long-Term Evaluation and Failure Characteristics of 1,335 All-Ceramic Restorations. *Int J Prosthodont*; 25: 70-78; 2012.
9. Belli R., Wendler M., de Ligny D., Cicconi M. R., Petschelt A., Peterlik H., Lohbauer U. Chairside CAD/CAM materials. Part 1: Measurement of elastic constants and microstructural characterization. *Dent Mater*; 33: 84-98; 2017.
10. Beuer F., Schweiger J., Edelhoff D. Digital dentistry: an overview of recent developments for CAD/CAM generated restorations. *Br Dent J*; 204: 505-511; 2008.
11. Bieniek K. W. Vollkeramische Kronenrestorationen aus Hi-Ceram – eine 5-Jahres-Studie. *Dtsch Zahnärztl Z* 47: 614-616; 1992.
12. Bindl A., Mormann W. H. An up to 5-year clinical evaluation of posterior in-ceram CAD/CAM core crowns. *Int J Prosthodont*; 15: 451-456; 2002.
13. Bindl A., Mormann W. H. Survival rate of mono-ceramic and ceramic-core CAD/CAM-generated anterior crowns over 2-5 years. *Eur J Oral Sci*; 112: 197-204; 2004.
14. Boeddinghaus M., Breloer E. S., Rehmann P., Wöstmann B. Accuracy of single-tooth restorations based on intraoral digital and conventional impressions in patients. *Clin Oral Investig*; 19: 2027-2034; 2015.

15. Böhner R.; Moderne CAD/CAM-Kompositmaterialien - deren Materialeigenschaften und Befestigungsstrategien [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: <https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/cadcam/story/moderne-cadcam-kompositmaterialien--deren-materialeigenschaften-und-befestigungsstrategien-3833.html>.
16. Bomicke W., Rammelsberg P., Stober T., Schmitter M. Short-Term Prospective Clinical Evaluation of Monolithic and Partially Veneered Zirconia Single Crowns. *J Esthet Restor Dent*; 29: 22-30; 2017.
17. Böning K., Ullmann U., Wolf A., Lazarek K., Walter M. Dreijährige klinische Bewährung konventionell zementierter Einzelkronen aus Lithiumdisilikat-Keramik. *Dtsch Zahnärztl Z* 61: 604-611; 2006.
18. Bosniac P., Rehmann P., Wöstmann B. Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clin Oral Investig*; 23: 2421-2427; 2019.
19. Brondani L. P., Pereira-Cenci T., Wandsher V. F., Pereira G. K., Valandro L. F., Bergoli C. D. Longevity of metal-ceramic crowns cemented with self-adhesive resin cement: a prospective clinical study. *Braz Oral Res*; 31: e22; 2017.
20. Brunner T. , Wälti D., Menghini G. Spätergebnisse mit fixem Zahnersatz bei minderbemittelten Erwachsenen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102: 1029-1036; 1992.
21. Burke F. J., Lucarotti P. S. Ten-year outcome of crowns placed within the General Dental Services in England and Wales. *J Dent*; 37: 12-24; 2009.
22. Cehreli M. C., Kokat A. M., Ozpay C., Karasoy D., Akca K. A randomized controlled clinical trial of feldspathic versus glass-infiltrated alumina all-ceramic crowns: a 3-year follow-up. *Int J Prosthodont*; 24: 77-84; 2011.
23. Chaar M. S., Passia N., Kern M. Long-term clinical outcome of posterior metal-ceramic crowns fabricated with direct metal laser-sintering technology. *J Prosthodont Res*; 64: 354-357; 2020.
24. Chang P. K., Chen Y. C., Huang C. C., Lu W. H., Chen Y. C., Tsai H. H. Distribution of Micromotion in Implants and Alveolar Bone With Different Thread Profiles in Immediate Loading: A Finite Element Study *Int J Oral Maxillofac Implants*; 27: e96-101; 2012.
25. Chen C., Trindade F. Z., de Jager N., Kleverlaan C. J., Feilzer A. J. The fracture resistance of a CAD/CAM Resin Nano Ceramic (RNC) and a CAD ceramic at different thicknesses. *Dent Mater*; 30: 954-962; 2014.
26. Cheung G. S. A preliminary investigation into the longevity and causes of failure of single unit extracoronary restorations. *J Dent*; 19: 160-163; 1991.
27. Chirumamilla G., Goldstein C. E., Lawson N. C. A 2-year Retrospective Clinical study of Enamic Crowns Performed in a Private Practice Setting. *J Esthet Restor Dent*; 28: 231-237; 2016.
28. Choi S., Yoon H. I., Park E. J. Load-bearing capacity of various CAD/CAM monolithic molar crowns under recommended occlusal thickness and reduced occlusal thickness conditions. *J Adv Prosthodont*; 9: 423-431; 2017.

29. Christensen R. P., Ploeger B. J. A clinical comparison of zirconia, metal and alumina fixed-prosthesis frameworks veneered with layered or pressed ceramic: a three-year report. *J Am Dent Assoc*; 141: 1317-1329; 2010.
30. Chuang S. K., Tian L., Wei L. J., Dodson T. B. Kaplan-Meier analysis of dental implant survival: a strategy for estimating survival with clustered observations. *J Dent Res*; 80: 2016-2020; 2001.
31. Coldea A., Swain M. V., Thiel N. Mechanical properties of polymer-infiltrated-ceramic-network materials. *Dent Mater*; 29: 419-426; 2013.
32. Conrad H. J., Seong W. J., Pesun I. J. Current ceramic materials and systems with clinical recommendations: a systematic review. *J Prosthet Dent*; 98: 389-404; 2007.
33. Contrepois M., Soenen A., Bartala M., Laviolle O. Marginal adaptation of ceramic crowns: a systematic review. *J Prosthet Dent*; 110: 447-454; 2013.
34. De Backer H., Van Maele G., De Moor N., Van den Berghe L. The influence of gender and age on fixed prosthetic restoration longevity: an up to 18- to 20-year follow-up in an undergraduate clinic. *Int J Prosthodont*; 20: 579-586; 2007.
35. De Backer H., Van Maele G., De Moor N., Van den Berghe L. Survival of complete crowns and periodontal health: 18-year retrospective study. *Int J Prosthodont*; 20: 151-158; 2007.
36. De Backer H., Van Maele G., De Moor N., Van den Berghe L., De Boever J. An 18-year retrospective survival study of full crowns with or without posts. *Int J Prosthodont*; 19: 136-142; 2006.
37. 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. *Int J Prosthodont*; 19: 143-153; 2006.
38. Della Bona A., Kelly J. R. The clinical success of all-ceramic restorations. *J Am Dent Assoc*; 139 Suppl: 8S-13S; 2008.
39. Dettinger J., Pfefferkorn F., Reiss B., Kern M. Vollkeramische Restaurationen in der niedergelassenen Praxis: Wie werden Werkstoffe ausgewählt? Was hat sich bewährt? *Quintessence Zahnmedizin*; 10: 1222-1230; 2019.
40. Dogan S., Raigrodski A. J., Zhang H., Mancl L. A. Prospective cohort clinical study assessing the 5-year survival and success of anterior maxillary zirconia-based crowns with customized zirconia copings. *J Prosthet Dent*; 117: 226-232; 2017.
41. Donovan T., Simonsen R. J., Guertin G., Tucker R. V. Retrospective clinical evaluation of 1,314 cast gold restorations in service from 1 to 52 years. *J Esthet Restor Dent*; 16: 194-204; 2004.
42. Edelhoff D., Horstkemper Th., Richter E. J., Spiekermann H., Yildirim M. Adhäsiv und konventionell befestigte Empress 1-Kronen. *Dtsch Zahnärztl Z*; 55: 326-330; 2000.
43. Ehlers V., Reichardt C. H., Faupel C., Willershausen B. Retrospektive klinische Studie zur Erfassung der Liegedauer und Qualität von Keramikrestaurationen. *Dtsch Zahnärztl Z*; 64: 626-632; 2009.

44. Eliasson A., Arnelund C. F., Johansson A. A clinical evaluation of cobalt-chromium metal-ceramic fixed partial dentures and crowns: A three- to seven-year retrospective study. *J Prosthet Dent*; 98: 6-16; 2007.
45. Ellner S., Bergendal T., Bergman B. Four post-and-core combinations as abutments for fixed single crowns: a prospective up to 10-year study. *Int J Prosthodont*; 16: 249-254; 2003.
46. Elsaka S. E. Optical and Mechanical Properties of Newly Developed Monolithic Multilayer Zirconia. *J Prosthodont*; 28: e279-e284; 2019.
47. Elsaka S. E., Elnaghy A. M. Mechanical properties of zirconia reinforced lithium silicate glass-ceramic. *Dent Mater*; 32: 908-914; 2016.
48. Encke B. S., Heydecke G., Wolkewitz M., Strub J. R. Results of a prospective randomized controlled trial of posterior ZrSiO(4)-ceramic crowns. *J Oral Rehabil*; 36: 226-235; 2009.
49. Erpenstein H., Borchard R., Kerschbaum T. Long-term clinical results of galvano-ceramic and glass-ceramic individual crowns. *J Prosthet Dent*; 83: 530-534; 2000.
50. Erpenstein H., Kerschbaum Th., Fischbach H. Verweildauer und klinische Befunde bei Kronen und Brücken. *Dtsch Zahnärztl Z*; 47: 315-319; 1992.
51. Etemadi S., Smales R. J. Survival of resin-bonded porcelain veneer crowns placed with and without metal reinforcement. *J Dent*; 34: 139-145; 2006.
52. Fabbri G., Zarone F., Dellificorelli G., Cannistraro G., De Lorenzi M., Mosca A., Sorrentino R. Clinical evaluation of 860 anterior and posterior lithium disilicate restorations: retrospective study with a mean follow-up of 3 years and a maximum observational period of 6 years. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 34: 165-177; 2014.
53. Fasbinder D. J. Computerized technology for restorative dentistry. *Am J Dent*; 26: 115-120; 2013.
54. Fehmer V., Sailer I., Thoma D. S., Zwahlen M., Pjetursson B. E. Zahngetragene Vollkeramik-oder Metallkeramikrekonstruktionen? *Quintessence Zahntechnik*; 41: 1112-1120; 2015.
55. Felton D. A., Kanoy B. E., Bayne S. C., Wirthman G. P. Effect of in vivo crown margin discrepancies on periodontal health. *J Prosthet Dent*; 65: 357-364; 1991.
56. Ferrari M., Vichi A., Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of fiber-reinforced epoxy resin posts and cast post and cores. *Am J Dent*; 13: 15B-18B; 2000.
57. Fokkinga W. A., Kreulen C. M., Bronkhorst E. M., Creugers N. H. Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns. *J Dent*; 35: 778-786; 2007.
58. Fradeani M., Aquilano A. Clinical experience with Empress crowns. *Int J Prosthodont*; 10: 241-247; 1997.
59. Fradeani M., Aquilano A., Corrado M. Clinical experience with In-Ceram Spinell crowns: 5-year follow-up. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 22: 525-533; 2002.
60. Fradeani M., D'Amelio M., Redemagni M., Corrado M. Five-year follow-up with Procera all-ceramic crowns. *Quintessence Int*; 36: 105-113; 2005.

61. Fradeani M., Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessence Int*; 33: 503-510; 2002.
62. Freesmeyer W. B., Meier A., Fritz H., Roggensack M. Klinische Untersuchung zur Bewährung von Procera AllCeram-Kronen. *Dtsch Zahnärztl Z*; 63: 249-257; 2008.
63. Galindo M. L., Hagmann E., Marinello C. P., Zitzmann N. U. Klinische Langzeiterfahrungen mit Procera-AllCeram-Vollkeramikronen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*; 116: 804-809; 2006.
64. Galindo M. L., Hagmann E., Marinello C. P., Zitzmann N. U. [Long-term clinical results with Procera AllCeram full-ceramic crowns]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*; 116: 804-809; 2006.
65. Galindo M. L., Sendi P., Marinello C. P. Estimating long-term survival of densely sintered alumina crowns: a cohort study over 10 years. *J Prosthet Dent*; 106: 23-28; 2011.
66. Gautam C., Joyner J., Gautam A., Rao J., Vajtai R. Zirconia based dental ceramics: structure, mechanical properties, biocompatibility and applications. *Dalton Trans*; 45: 19194-19215; 2016.
67. Gehrt M. Die systematische Nachsorge in der zahnärztlichen Prothetik. *Quintessence Int*; 62: 1301-1312; 2011.
68. Gehrt M., Wolfart S., Rafai N., Reich S., Edelhoff D. Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Investig*; 17: 275-284; 2013.
69. Gemalmaz D., Ergin S. Clinical evaluation of all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*; 87: 189-196; 2002.
70. Gente M.; Empfehlungen zur Verringerung des Risikos des Vitalitätsverlustes bei Überkronung [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: <https://www.dgzmk.de/empfehlungen-zur-verringerung-des-risikos-des-vitalitaetsverlustes-bei-ueberkronung>.
71. Geurtsen W. Crown and restauration margins. *Dtsch Zahnärztl Z*; 45: 380-386; 1990.
72. Gherlone E., Mandelli F., Cappare P., Pantaleo G., Traini T., Ferrini F. A 3 years retrospective study of survival for zirconia-based single crowns fabricated from intraoral digital impressions. *J Dent*; 42: 1151-1155; 2014.
73. Gomez-Polo M., Llido B., Rivero A., Del Rio J., Celemin A. A 10-year retrospective study of the survival rate of teeth restored with metal prefabricated posts versus cast metal posts and cores. *J Dent*; 38: 916-920; 2010.
74. Goujat A., Abouelleil H., Colon P., Jeannin C., Pradelle N., Seux D., Grosgeat B. Mechanical properties and internal fit of 4 CAD-CAM block materials. *J Prosthet Dent*; 119: 384-389; 2018.
75. Groten M., Pröbster L., H. Weber. Vollkeramische Kronen und Brücken auf Basis industriell vorgefertigter Gerüstkeramiken. *Quintessenz*; 12: 1307-1316; 2002.
76. Gunge H., Ogino Y., Kihara M., Tsukiyama Y., Koyano K. Retrospective clinical evaluation of posterior monolithic zirconia restorations after 1 to 3.5 years of clinical service. *J Oral Sci*; 60: 154-158; 2018.

77. Hammerle C. H., Ungerer M. C., Fantoni P. C., Bragger U., Burgin W., Lang N. P. Long-term analysis of biologic and technical aspects of fixed partial dentures with cantilevers. *Int J Prosthodont*; 13: 409-415; 2000.
78. Hampe R., Theelke B., Lumkemann N., Eichberger M., Stawarczyk B. Fracture Toughness Analysis of Ceramic and Resin Composite CAD/CAM Material. *Oper Dent*; 44: E190-E201; 2019.
79. Hannigan A., Lynch C. D. Statistical methodology in oral and dental research: pitfalls and recommendations. *J Dent*; 41: 385-392; 2013.
80. Haselton D. R., Diaz-Arnold A. M., Hillis S. L. Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent*; 83: 396-401; 2000.
81. Hawthorne W. S., Smales R. J. Factors influencing long-term restoration survival in three private dental practices in Adelaide. *Aust Dent J*; 42: 59-63; 1997.
82. Heintze S. D., Rousson V. Fracture rates of IPS Empress all-ceramic crowns--a systematic review. *Int J Prosthodont*; 23: 129-133; 2010.
83. Heintze S. D., Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont*; 23: 493-502; 2010.
84. Hellwig E., Kimmel K., Lehmann K. M.; Präparationstechnik als Grundlage der Qualitätssicherung [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: <https://www.dgzmk.de/praeparationstechnik-als-grundlage-der-qualitaetssicherung>.
85. Holand W., Rheinberger V., Apel E., van 't Hoen C., Holand M., Dommann A., Obrecht M., Mauth C., Graf-Hausner U. Clinical applications of glass-ceramics in dentistry. *J Mater Sci Mater Med*; 17: 1037-1042; 2006.
86. Hüls A. Zum Stand der klinischen Bewährung infiltrationskeramischer Verblendkronen. *Dtsch Zahnärztl Z*; 50: 674-676; 1995.
87. Janus C. E., Unger J. W., Best A. M. Survival analysis of complete veneer crowns vs. multisurface restorations: a dental school patient population. *J Dent Educ*; 70: 1098-1104; 2006.
88. Joda T., Zarone F., Ferrari M. The complete digital workflow in fixed prosthodontics: a systematic review. *BMC Oral Health*; 17: 124; 2017.
89. Jokstad A. A split-mouth randomized clinical trial of single crowns retained with resin-modified glass-ionomer and zinc phosphate luting cements. *Int J Prosthodont*; 17: 411-416; 2004.
90. Kaiser M., Wassermann A., Strub J. R. Klinische Langzeitresultate von VITA In-Ceram Classic: Eine systematische Übersichtsarbeit. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*; 116: 120-128; 2006.
91. Kancyper S. G., Koka S. The influence of intracrevicular crown margins on gingival health: preliminary findings. *J Prosthet Dent*; 85: 461-465; 2001.
92. Kassardjian V., Varma S., Andiappan M., Creugers N. H. J., Bartlett D. A systematic review and meta analysis of the longevity of anterior and posterior all-ceramic crowns. *J Dent*; 55: 1-6; 2016.
93. Kassem A. S., Atta O., El-Mowafy O. Survival rates of porcelain molar crowns--an update. *Int J Prosthodont*; 23: 60-62; 2010.

94. Käyser A. F., Creugers N. H., Plasmans P. J., Postema N., Snoek P. A. Kronen- und Brückenprothetik. Köln: *Deutscher Ärzte-Verlag*; 1997.
95. Kelly J. R., Benetti P. Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J*; 56 Suppl 1: 84-96; 2011.
96. Kelsey W. P., 3rd, Cavel T., Blankenau R. J., Barkmeier W. W., Wilwerding T. M., Latta M. A. 4-year clinical study of castable ceramic crowns. *Am J Dent*; 8: 259-262; 1995.
97. Kern M., Beuer F., Frankenberger R., Kohal R. J., Kunzelmann K. H., Mehl A., Pospiech P., Reiss B. Vollkeramik auf einen Blick. 6. Auflage. Ettlingen: *Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V.*; 2015.
98. Kerschbaum T. Zur Bedeutung von Nachsorgeuntersuchungen in der zahnärztlichen Prothetik. *Dtsch Zahnärztl Z*; 38: 990-997; 1983.
99. Kerschbaum T. Überlebenszeiten von Kronen- und Brückenersatz heute. *Zahnärztl Mitt*; 76: 2315-2320; 1986.
100. Kerschbaum T. Ergebnisorientierte Versorgung mit Kronen und Brücken. In: Heidemann D (Hrsg.). *Deutscher Zahnärztekalendar 2000*. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; 2000.
101. Kerschbaum T. Hohe Haltbarkeit von Zahnersatz. *Zahnärztl Mitt*; 90: 2706-2711; 2000.
102. Kerschbaum T. Langzeitüberlebensdauer von Zahnersatz - eine Übersicht. *Quintessence Zahnmedizin*; 55: 1113-1126; 2004.
103. Kerschbaum T., Seth M., Teeuwen U. Verweildauer von kunststoff- und metallkeramisch verblendeten Kronen und Brücken. *Dtsch Zahnärztl Z*; 52: 404-406; 1997.
104. Kerschbaum T., Faber F. J., Noll F. J., Keiner M., Hürther W., Schumacher S., Keller E. Komplikationen von Cercon-Restaurationen in den ersten fünf Jahren. *Dtsch Zahnärztl Z*; 66: 81-89; 2009.
105. Kerschbaum T., Gaa M. Longitudinale Analyse von festsitzendem Zahnersatz privatversicherter Patienten. *Dtsch Zahnärztl Z*; 42(4): 345-351; 1987.
106. Kerschbaum T., Paszyna C., Klapp S., Meyer G. Verweilzeit- und Risikofaktoranalyse von festsitzendem Zahnersatz. *Dtsch Zahnärztl Z*; 46: 20-24; 1991.
107. Kerschbaum T., Thie B. M. Funktionsverlust von festsitzendem Zahnersatz. *Dtsch Zahnärztl Z*; 41: 2-7; 1986.
108. Knoernschild K. L., Campbell S. D. Periodontal tissue responses after insertion of artificial crowns and fixed partial dentures. *J Prosthet Dent*; 84: 492-498; 2000.
109. Koch G. K., Gallucci G. O., Lee S. J. Accuracy in the digital workflow: From data acquisition to the digitally milled cast. *J Prosthet Dent*; 115: 749-754; 2016.
110. Koenig V., Vanheusden A. J., Le Goff S. O., Mainjot A. K. Clinical risk factors related to failures with zirconia-based restorations: an up to 9-year retrospective study. *J Dent*; 41: 1164-1174; 2013.
111. Kokubo Y., Tsumita M., Sakurai S., Suzuki Y., Tokiniwa Y., Fukushima S. Five-year clinical evaluation of In-Ceram crowns fabricated using GN-I (CAD/CAM) system. *J Oral Rehabil*; 38: 601-607; 2011.

112. Kolker J. L., Damiano P. C., Jones M. P., Dawson D. V., Caplan D. J., Armstrong S. R., Flach S. D., Kuthy R. A., Warren J. J. The timing of subsequent treatment for teeth restored with large amalgams and crowns: factors related to the need for subsequent treatment. *J Dent Res*; 83: 854-858; 2004.
113. Konstantinidis I., Trikka D., Gasparatos S., Mitsias M. E. Clinical Outcomes of Monolithic Zirconia Crowns with CAD/CAM Technology. A 1-Year Follow-Up Prospective Clinical Study of 65 Patients. *Int J Environ Res Public Health*; 15: 2523; 2018.
114. Kontonasaki E., Rigos A. E., Ilia C., Istantos T. Monolithic Zirconia: An Update to Current Knowledge. Optical Properties, Wear, and Clinical Performance. *Dent J (Basel)*; 7: 90; 2019.
115. Krug R., Krastl G. Der Stift im Wurzelkanal-differenzialtherapeutische Überlegungen. *Zahnmedizin up2date*; 13(1): 79-98; 2019.
116. Lange S., Bender R. Median oder Mittelwert? *Dtsch Med Wochenschr*; 132: e1-e2; 2007.
117. Larsson C., Wennerberg A. The clinical success of zirconia-based crowns: a systematic review. *Int J Prosthodont*; 27: 33-43; 2014.
118. Lawson N. C., Bansal R., Burgess J. O. Wear, strength, modulus and hardness of CAD/CAM restorative materials. *Dent Mater*; 32: e275-e283; 2016.
119. Lehmann K. M., Hellwig E., Wenz H. J. Zahnärztliche Propädeutik. 14. Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; 2019.
120. Lehner C., Studer S., Brodbeck U., Scharer P. Short-term results of IPS-Empress full-porcelain crowns. *J Prosthodont*; 6: 20-30; 1997.
121. Li R. W., Chow T. W., Matinlinna J. P. Ceramic dental biomaterials and CAD/CAM technology: state of the art. *J Prosthodont Res*; 58: 208-216; 2014.
122. Liu P. R., Essig M. E. Panorama of dental CAD/CAM restorative systems. *Compend Contin Educ Dent*; 29: 482, 484, 486-488 passim; 2008.
123. Lohbauer U., Belli R., Wendler M. Keramische Materialien. In: Rosentritt MI, N., Lohbauer U (Hrsg.). *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin Moderne Materialien und Technologien*. 8. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag KG*; 239-300; 2018.
124. Lovgren R., Andersson B., Carlsson G. E., Odman P. Prospective clinical 5-year study of ceramic-veneered titanium restorations with the Procera system. *J Prosthet Dent*; 84: 514-521; 2000.
125. Lu T., Peng L., Xiong F., Lin X. Y., Zhang P., Lin Z. T., Wu B. L. A 3-year clinical evaluation of endodontically treated posterior teeth restored with two different materials using the CEREC AC chair-side system. *J Prosthet Dent*; 119: 363-368; 2018.
126. Ludwig A., Heydecke G., Aggstaller H. Einfluss unterschiedlicher prothetischer Versorgungskonzepte der verkürzten Zahnreihe auf die Zielkriterien Karies, Vitalität und Zahnverlust. *Dtsch Zahnärztl Z*; 61: 650-661; 2006.
127. Luthardt R. Ästehtische Restaurationen aus Zirkoniumdioxidkeramik. *Zahnärztl Mitt*; 95: 62-65; 2005.

128. Mainjot A. K., Dupont N. M., Oudkerk J. C., Dewael T. Y., Sadoun M. J. From Artisanal to CAD-CAM Blocks: State of the Art of Indirect Composites. *J Dent Res*; 95: 487-495; 2016.
129. Malament K. A., Socransky S. S. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years. Part II: effect of thickness of Dicor material and design of tooth preparation. *J Prosthet Dent*; 81: 662-667; 1999.
130. Malament K. A., Socransky S. S. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years: Part I. Survival of Dicor complete coverage restorations and effect of internal surface acid etching, tooth position, gender, and age. *J Prosthet Dent*; 81: 23-32; 1999.
131. Malament K. A., Socransky S. S. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 16 years. Part III: effect of luting agent and tooth or tooth-substitute core structure. *J Prosthet Dent*; 86: 511-519; 2001.
132. Malament K. A., Socransky S. S., Thompson V., Rekow D. Survival of glass-ceramic materials and involved clinical risk: variables affecting long-term survival. *Pract Proced Aesthet Dent*; Suppl: 5-11; 2003.
133. Marklund S., Bergman B., Hedlund S. O., Nilson H. An intraindividual clinical comparison of two metal-ceramic systems: a 5-year prospective study. *Int J Prosthodont*; 16: 70-73; 2003.
134. Marquardt P., Strub J. R. Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int*; 37: 253-259; 2006.
135. Martin J. A., Bader J. D. Five-year treatment outcomes for teeth with large amalgams and crowns. *Oper Dent*; 22: 72-78; 1997.
136. Marxkors R. Kronen. In: Marxkors R (Hrsg.). Lehrbuch der zahnärztlichen Prothetik. 5. Auflage. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; Kapitel 1: 1-67; 2010.
137. McLaren E. A., White S. N. Survival of In-Ceram crowns in a private practice: a prospective clinical trial. *J Prosthet Dent*; 83: 216-222; 2000.
138. Mentink A. G., Creugers N. H., Meeuwissen R., Leempoel P. J., Kayser A. F. Clinical performance of different post and core systems--results of a pilot study. *J Oral Rehabil*; 20: 577-584; 1993.
139. Mentink A. G., Meeuwissen R., Kayser A. F., Mulder J. Survival rate and failure characteristics of the all metal post and core restoration. *J Oral Rehabil*; 20: 455-461; 1993.
140. Meyer G., Ahsbahs S., Kern M.; Vollkeramische Kronen und Brücken [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: <https://www.dgzmk.de/vollkeramische-kronen-und-bruecken-s3->.
141. Meyer G., Kern M.; Patientenleitlinie. Vollkeramische Kronen und Brücken. Ein Ratgeber für Patientinnen und Patienten [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: <https://www.dgzmk.de/vollkeramische-kronen-und-bruecken-s3->.
142. Miyamoto T., Morgano S. M., Kumagai T., Jones J. A., Nunn M. E. Treatment history of teeth in relation to the longevity of the teeth and their restorations: outcomes of teeth treated and maintained for 15 years. *J Prosthet Dent*; 97: 150-156; 2007.

143. Miyazaki T., Hotta Y. CAD/CAM systems available for the fabrication of crown and bridge restorations. *Aust Dent J*; 56 Suppl 1: 97-106; 2011.
144. Monaco C., Llukacej A., Baldissara P., Arena A., Scotti R. Zirconia-based versus metal-based single crowns veneered with overpressing ceramic for restoration of posterior endodontically treated teeth: 5-year results of a randomized controlled clinical study. *J Dent*; 65: 56-63; 2017.
145. Mormann W. H. The evolution of the CEREC system. *J Am Dent Assoc*; 137 Suppl: 7S-13S; 2006.
146. Mormann W. H., Stawarczyk B., Ender A., Sener B., Attin T., Mehl A. Wear characteristics of current aesthetic dental restorative CAD/CAM materials: two-body wear, gloss retention, roughness and Martens hardness. *J Mech Behav Biomed Mater*; 20: 113-125; 2013.
147. Moscovitch M. Consecutive case series of monolithic and minimally veneered zirconia restorations on teeth and implants: up to 68 months. *Int J Periodontics Restorative Dent*; 35: 315-323; 2015.
148. Mostafa N. Z., Ruse N. D., Ford N. L., Carvalho R. M., Wyatt C. C. L. Marginal Fit of Lithium Disilicate Crowns Fabricated Using Conventional and Digital Methodology: A Three-Dimensional Analysis. *J Prosthodont*; 27: 145-152; 2018.
149. Müller N. Kronenrand und parodontale Reaktion. *Dtsch Zahnärztl Z*; 49: 30-36; 1994.
150. Munoz E. M., Longhini D., Antonio S. G., Adabo G. L. The effects of mechanical and hydrothermal aging on microstructure and biaxial flexural strength of an anterior and a posterior monolithic zirconia. *J Dent*; 63: 94-102; 2017.
151. Naert I., Van der Donck A., Beckers L. Precision of fit and clinical evaluation of all-ceramic full restorations followed between 0.5 and 5 years. *J Oral Rehabil*; 32: 51-57; 2005.
152. Nahara Y., Sadamori S., Hamada T. Clinical evaluation of castable apatite ceramic crowns. *J Prosthet Dent*; 66: 754-758; 1991.
153. Nakamura K., Harada A., Inagaki R., Kanno T., Niwano Y., Milleding P., Ortengren U. Fracture resistance of monolithic zirconia molar crowns with reduced thickness. *Acta Odontol Scand*; 73: 602-608; 2015.
154. Napankangas R., Raustia A. An 18-year retrospective analysis of treatment outcomes with metal-ceramic fixed partial dentures. *Int J Prosthodont*; 24: 314-319; 2011.
155. Nejatidanesh F., Moradpoor H., Savabi O. Clinical outcomes of zirconia-based implant- and tooth-supported single crowns. *Clin Oral Investig*; 20: 169-178; 2016.
156. Nguyen J. F., Migonney V., Ruse N. D., Sadoun M. Resin composite blocks via high-pressure high-temperature polymerization. *Dent Mater*; 28: 529-534; 2012.
157. Niu E., Agustin M., Douglas R. D. Color match of machinable lithium disilicate ceramics: effects of foundation restoration. *J Prosthet Dent*; 110: 501-509; 2013.
158. Oden A., Andersson M., Krystek-Ondracek I., Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent*; 80: 450-456; 1998.

159. Odman P., Andersson B. Procera AllCeram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospective clinical study. *Int J Prosthodont*; 14: 504-509; 2001.
160. Ortorp A., Kihl M. L., Carlsson G. E. A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *J Dent*; 40: 527-530; 2012.
161. Otto T., Mormann W. H. Clinical performance of chairside CAD/CAM feldspathic ceramic posterior shoulder crowns and endocrowns up to 12 years. *Int J Comput Dent*; 18: 147-161; 2015.
162. Palmqvist S., Swartz B. Artificial crowns and fixed partial dentures 18 to 23 years after placement. *Int J Prosthodont*; 6: 279-285; 1993.
163. Pang S. E. A report of anterior In-Ceram restorations. *Ann Acad Med Singapore*; 24: 33-37; 1995.
164. Parfitt G. J. Measurement of the physiological mobility of individual teeth in an axial direction. *J Dent Res*; 39: 608-618; 1960.
165. Passia N., Stampf S., Strub J. R. Five-year results of a prospective randomised controlled clinical trial of posterior computer-aided design-computer-aided manufacturing ZrSiO₄-ceramic crowns. *J Oral Rehabil*; 40: 609-617; 2013.
166. Pathan M. S., Kheur M. G., Patankar A. H., Kheur S. M. Assessment of Antagonist Enamel Wear and Clinical Performance of Full-Contour Monolithic Zirconia Crowns: One-Year Results of a Prospective Study. *J Prosthodont*; 28: e411-e416; 2019.
167. Pimenta M. A., Frasca L. C., Lopes R., Rivaldo E. Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *J Prosthet Dent*; 114: 223-228; 2015.
168. Pjetursson B. E., Sailer I., Zwahlen M., Hammerle C. H. 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 I: Single crowns. *Clin Oral Implants Res*; 18 Suppl 3: 73-85; 2007.
169. Pospiech P.; Keramik - Vollkeramik [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: https://multimedia.3m.com/mws/media/5987970/lava-keramik-vollkeramik-kompendium.pdf?fn=Lava_Vollkeramik_Kompend_D.pdf.
170. Probst L. Survival rate of In-Ceram restorations. *Int J Prosthodont*; 6: 259-263; 1993.
171. Probst L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil*; 23: 147-151; 1996.
172. Probst L. Klinische Langzeiterfahrungen mit vollkeramischen Kronen aus In-Ceram. *Quintessence*; 48: 1639-1646; 1997.
173. Rammelsberg P., Ohlmann B. Kronen- und Brückenprothetik. In: Gernet W, Biffar R, Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg.). Zahnärztliche Prothetik. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; Kapitel 3: 36-66; 2011.
174. Rauch A., Reich S., Dalchau L., Schierz O. Clinical survival of chair-side generated monolithic lithium disilicate crowns: 10-year results. *Clin Oral Investig*; 22: 1763-1769; 2018.

175. Rauch A., Reich S., Schierz O. Chair-side generated posterior monolithic lithium disilicate crowns: clinical survival after 6 years. *Clin Oral Investig*; 21: 2083-2089; 2017.
176. Rehmann P., Wöstmann B. Abformung und Abdruck. *ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt*; 129: 168-169; 2020.
177. Reich S., Schierz O. Chair-side generated posterior lithium disilicate crowns after 4 years. *Clin Oral Investig*; 17: 1765-1772; 2013.
178. Reich S., Wöstmann B. Digitale Abformmethoden. In: Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U (Hrsg.). *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin Moderne Materialien und Technologien*. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag KG*; Kapitel 14: 409-420; 2018.
179. Reitemeier B., Hansel K., Kastner C., Walter M. H. Metal-ceramic failure in noble metal crowns: 7-year results of a prospective clinical trial in private practices. *Int J Prosthodont*; 19: 397-399; 2006.
180. Reitemeier B., Hansel K., Range U., Walter M. H. Prospective study on metal ceramic crowns in private practice settings: 20-year results. *Clin Oral Investig*; 23: 1823-1828; 2019.
181. Rekow E. D. Digital dentistry: The new state of the art - Is it disruptive or destructive? *Dent Mater*; 36: 9-24; 2020.
182. Richert R., Goujat A., Venet L., Viguie G., Viennot S., Robinson P., Farges J. C., Fages M., Ducret M. Intraoral Scanner Technologies: A Review to Make a Successful Impression. *J Healthc Eng*; 2017: 842-847; 2017.
183. Rinke S., Davarpanah I., Ziebolz H. CAD/CAM-gefertigte Einzelzahnrestorationen: Empfehlungen zur Materialauswahl. *Zahnmedizin up2date*; 12: 91-103; 2018.
184. Rinke S., Fischer C. Range of indications for translucent zirconia modifications: clinical and technical aspects. *Quintessence Int*; 44: 557-566; 2013.
185. Rinke S., Kramer K., Burgers R., Roediger M. A practice-based clinical evaluation of the survival and success of metal-ceramic and zirconia molar crowns: 5-year results. *J Oral Rehabil*; 43: 136-144; 2016.
186. Rinke S., Pfitzenreuter T., Leha A., Roediger M., Ziebolz D. Clinical evaluation of chairside-fabricated partial crowns composed of zirconia-reinforced lithium silicate ceramics: 3-year results of a prospective practice-based study. *J Esthet Restor Dent*; 32: 226-235; 2020.
187. Roediger M., Gersdorff N., Huels A., Rinke S. Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: four-year clinical results. *Int J Prosthodont*; 23: 141-148; 2010.
188. Rohr N., Fischer C., Fischer J. *Werkstoffkunde – nein danke!* *Zahnmedizin up2date*; 9: 357-377; 2005.
189. Rosenstiel S.F., Land M.F., Fujimoto J. *Contemporary fixed prosthodontics*. St. Louis, Missouri: *Mosby Elsevier*; 2006.
190. Sailer I., Pjetursson B. E., Zwahlen M., Hammerle C. H. All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part II: Fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res*; 18 Suppl 3: 86-96; 2007.

191. Salazar Marocho S. M., Studart A. R., Bottino M. A., Bona A. D. Mechanical strength and subcritical crack growth under wet cyclic loading of glass-infiltrated dental ceramics. *Dent Mater*; 26: 483-490; 2010.
192. Saleh Samer M., Ali T. T., Abdullah H. Clinical Outcomes of Lithium Disilicate Single Crowns after a Mean Duration of 3 Years - A Retrospective Study. *Oral Health Prev Dent*; 16: 249-257; 2018.
193. Sasse M., Kern M. Survival of anterior cantilevered all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses made from zirconia ceramic. *J Dent*; 42: 660-663; 2014.
194. Scherrer S. S., De Rijk W. G., Wiskott H. W., Belser U. C. Incidence of fractures and lifetime predictions of all-ceramic crown systems using censored data. *Am J Dent*; 14: 72-80; 2001.
195. Schlenz M. A., Rehmann P., Wöstmann B. Auf dem Weg zur digitalen Prothetik: Einblick in den Praxisalltag. *ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt*; 128: 214-220; 2019.
196. Schlenz M. A., Schmidt A., Rehmann P., Wöstmann B. Neue CAD/CAM-Werkstoffe und ihre Befestigung: Plug-and-Play? *ZWR - Das Deutsche Zahnärzteblatt*; 128: 16-19; 2019.
197. Schley J. S., Heussen N., Reich S., Fischer J., Haselhuhn K., Wolfart S. Survival probability of zirconia-based fixed dental prostheses up to 5 yr: a systematic review of the literature. *Eur J Oral Sci*; 118: 443-450; 2010.
198. Schlösser R., Kerschbaum Th., Ahrens F. J., Cramer M. Überlebensrate von Teil- und Vollgusskronen. *Dtsch Zahnärztl Z* 48: 696-698; 1993.
199. Schmidlin K., Schnell N., Steiner S., Salvi G. E., Pjetursson B., Matuliene G., Zwahlen M., Bragger U., Lang N. P. Complication and failure rates in patients treated for chronic periodontitis and restored with single crowns on teeth and/or implants. *Clin Oral Implants Res*; 21: 550-557; 2010.
200. Schmitz J. H., Beani M. Effect of different cement types on monolithic lithium disilicate complete crowns with feather-edge preparation design in the posterior region. *J Prosthet Dent*; 115: 678-683; 2016.
201. Schmitz J. H., Cortellini D., Granata S., Valenti M. Monolithic lithium disilicate complete single crowns with feather-edge preparation design in the posterior region: A multicentric retrospective study up to 12 years. *Quintessence Int*; 48: 601-608; 2017.
202. Schoenbaum T. R. Dentistry in the digital age: an update. *Dent Today*; 31: 108, 110, 112-103; 2012.
203. Scotti R., Catapano S., D'Elia A. A clinical evaluation of In-Ceram crowns. *Int J Prosthodont*; 8: 320-323; 1995.
204. Segal B. S. Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in a general practice. *J Prosthet Dent*; 85: 544-550; 2001.
205. Seydler B., Schmitter M. Clinical performance of two different CAD/CAM-fabricated ceramic crowns: 2-Year results. *J Prosthet Dent*; 114: 212-216; 2015.
206. Shahrabaf S., vanNoort R., Mirzakouchaki B., Ghassemieh E., Martin N. Effect of the crown design and interface lute parameters on the stress-state of a machined crown-tooth system: a finite element analysis. *Dent Mater*; 29: 123-131; 2013.

207. Shetty M., Rajalakshmi S., Krishna Prasad D. Comparison of Marginal Gap and Microleakage in Copy-Milled and Cad-Milled Zirconia Copings Bonded Using Light Cure and Chemical Cure Resin Bonding Systems. *J Indian Prosthodont Soc*; 14: 37-45; 2014.
208. Sjogren G., Lantto R., Granberg A., Sundstrom B. O., Tillberg A. Clinical examination of leucite-reinforced glass-ceramic crowns (Empress) in general practice: a retrospective study. *Int J Prosthodont*; 12: 122-128; 1999.
209. Sjogren G., Lantto R., Tillberg A. Clinical evaluation of all-ceramic crowns (Dicor) in general practice. *J Prosthet Dent*; 81: 277-284; 1999.
210. Smales R. J., Hawthorne W. S. Long-term survival of extensive amalgams and posterior crowns. *J Dent*; 25: 225-227; 1997.
211. Sorensen J. A., Choi C., Fanuscu M. I., Mito W. T. IPS Empress crown system: three-year clinical trial results. *J Calif Dent Assoc*; 26: 130-136; 1998.
212. Spitznagel F. A., Scholz K. J., Vach K., Gierthmuehlen P. C. Monolithic Polymer-Infiltrated Ceramic Network CAD/CAM Single Crowns: Three-Year Mid-Term Results of a Prospective Clinical Study. *Int J Prosthodont*; 33: 160-168; 2020.
213. Stark H., Wolowski A., Ehmke B. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro): Nachsorgestrategien für Zahnersatz. *Dtsch Zahnärztl Z*; 66: 306-311; 2011.
214. Stawarczyk B.; Bringt uns das Angebot an Zirkonoxid noch um? [aktualisiert am 16.12.2020]. Link: https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/cadcam/story/bringt-uns-das-angebot-an-zirkonoxid-noch-um_5612.html.
215. Stawarczyk B., Keul C., Eichberger M., Figge D., Edelhoff D., Lumkemann N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. *Quintessence Int*; 48: 369-380; 2017.
216. Stawarczyk B., Stich N., Eichberger M., Edelhoff D., Roos M., Gernet W., Keul C. Long-term tensile bond strength of differently cemented nanocomposite CAD/CAM crowns on dentin abutment. *Dent Mater*; 30: 334-342; 2014.
217. Strietzel M. Metalle. In: Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U (Hrsg.). Werkstoffkunde in der Zahnmedizin Moderne Materialien und Technologien. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; Kapitel 9: 311-347; 2018.
218. Strietzel R. FutureDent - Preisgünstiger Zahnersatz mit Hilfe eines CAD/CAM-Systems. *Quintessence Zahntech*; 27: 970-978; 2001.
219. Strub J. R., Kern M., Türp J., Wittkowski S., Heydecke G., Wolfart S. Curriculum Prothetik II. Artikulatoren - Ästhetik - Werkstoffkunde - Festsitzende Prothetik. In: Berlin: *Quintessence*; Kapitel 21: 463-482; 2011.
220. Studer S., Lehner C., Brodbeck U., P. Schäfer. Six-year results of leucite-reinforced glass ceramic crowns. *Acta Med Dent Helv* 3:218-225; 1998.
221. Swain M. V., Coldea A., Bilkhair A., Guess P. C. Interpenetrating network ceramic-resin composite dental restorative materials. *Dent Mater*; 32: 34-42; 2016.
222. Taskonak B., Sertgoz A. Two-year clinical evaluation of lithia-disilicate-based all-ceramic crowns and fixed partial dentures. *Dent Mater*; 22: 1008-1013; 2006.

223. Teichmann M., Gockler F., Weber V., Yildirim M., Wolfart S., Edelhoff D. Ten-year survival and complication rates of lithium-disilicate (Empress 2) tooth-supported crowns, implant-supported crowns, and fixed dental prostheses. *J Dent*; 56: 65-77; 2017.
224. Ting-Shu S., Jian S. Intraoral Digital Impression Technique: A Review. *J Prosthodont*; 24: 313-321; 2015.
225. Tinschert J., Götzen N., Natt G. Oxidkeramiken. In: Tinschert J, Natt G (Hrsg.). Oxidkeramiken und CAD/CAM-Technologien: Atlas für Klinik, Labor Technik und Werkstoffkunde. Köln: *Deutscher Zahnärzte Verlag*; Kapitel 2.1: 5-46; 2007.
226. Toman M., Toksavul S. Clinical evaluation of 121 lithium disilicate all-ceramic crowns up to 9 years. *Quintessence Int*; 46: 189-197; 2015.
227. Valderhaug J., Jokstad A., Ambjornsen E., Norheim P. W. Assessment of the periapical and clinical status of crowned teeth over 25 years. *J Dent*; 25: 97-105; 1997.
228. Valenti M., Valenti A. Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int*; 40: 573-579; 2009.
229. Valenti M., Valenti A. Retrospective survival analysis of 110 lithium disilicate crowns with feather-edge marginal preparation. *Int J Esthet Dent*; 10: 246-257; 2015.
230. van Dijken J. W., Hasselrot L., Ormin A., Olofsson A. L. Restorations with extensive dentin/enamel-bonded ceramic coverage. A 5-year follow-up. *Eur J Oral Sci*; 109: 222-229; 2001.
231. Van Nieuwenhuysen J. P., D'Hoore W., Carvalho J., Qvist V. Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent*; 31: 395-405; 2003.
232. Vigolo P., Mutinelli S. Evaluation of zirconium-oxide-based ceramic single-unit posterior fixed dental prostheses (FDPs) generated with two CAD/CAM systems compared to porcelain-fused-to-metal single-unit posterior FDPs: a 5-year clinical prospective study. *J Prosthodont*; 21: 265-269; 2012.
233. Vult von Steyern P., Carlson P., Nilner K. All-ceramic fixed partial dentures designed according to the DC-Zirkon technique. A 2-year clinical study. *J Oral Rehabil*; 32: 180-187; 2005.
234. Walter M. H., Wolf B. H., Wolf A. E., Boening K. W. Six-year clinical performance of all-ceramic crowns with alumina cores. *Int J Prosthodont*; 19: 162-163; 2006.
235. Walton T. R. A ten-year longitudinal study of fixed prosthodontics: 1. Protocol and patient profile. *Int J Prosthodont*; 10: 325-331; 1997.
236. Walton T. R. A 10-year longitudinal study of fixed prosthodontics: clinical characteristics and outcome of single-unit metal-ceramic crowns. *Int J Prosthodont*; 12: 519-526; 1999.
237. Walton T. R. Changes in the outcome of metal-ceramic tooth-supported single crowns and FDPs following the introduction of osseointegrated implant dentistry into a prosthodontic practice. *Int J Prosthodont*; 22: 260-267; 2009.
238. Walton T. R. The up to 25-year survival and clinical performance of 2,340 high gold-based metal-ceramic single crowns. *Int J Prosthodont*; 26: 151-160; 2013.

239. Wassermann A., Kaiser M., Strub J. R. Clinical long-term results of VITA In-Ceram Classic crowns and fixed partial dentures: A systematic literature review. *Int J Prosthodont*; 19: 355-363; 2006.
240. Weber T. Restaurative Zahnheilkunde. In: Weber T (Hrsg.). *Memorix Zahnmedizin*. 4. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag KG*; Kapitel 14: 493-494; 2016.
241. Weishaupt P., Bernimoulin J. P., Lange K. P., Rothe S., Naumann M., Hagewald S. Clinical and inflammatory effects of galvano-ceramic and metal-ceramic crowns on periodontal tissues. *J Oral Rehabil*; 34: 941-947; 2007.
242. Wendler M., Belli R., Petschelt A., Mevec D., Harrer W., Lube T., Danzer R., Lohbauer U. Chairside CAD/CAM materials. Part 2: Flexural strength testing. *Dent Mater*; 33: 99-109; 2017.
243. Westermann W., Kerschbaum T., Hain H. Verweildauer von ausgedehnten Amalgamfüllungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 45: 743-747; 1990.
244. Winter W., Klein D., Karl M. Micromotion of Dental Implants: Basic Mechanical Considerations. *J Med Eng*; 1: 265-270; 2013.
245. Wolfarth S., Weyer N., Freitag S., Kern M. Der Nachsorgebedarf prothetischer Restaurationen bei regelmäßiger Teilnahme am Recallprogramm. *Dtsch Zahnärztl Z*; 62: 656-667; 2007.
246. Wolleb K., Sailer I., Thoma A., Menghini G., Hammerle C. H. Clinical and radiographic evaluation of patients receiving both tooth- and implant-supported prosthodontic treatment after 5 years of function. *Int J Prosthodont*; 25: 252-259; 2012.
247. Worni A., Katsoulis J., Kolgeci L., Worni M., Mericske-Stern R. Monolithic zirconia reconstructions supported by teeth and implants: 1- to 3-year results of a case series. *Quintessence Int*; 48: 459-467; 2017.
248. Wöstmann B. Abformung und Modellherstellung. In: Koeck B (Hrsg.). *Kronen- und Brückenprothetik*. München: *Urban & Fischer*: 133-163; 1999.
249. Wöstmann B. Abformmaterialien. In: Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U (Hrsg.). *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin*. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag KG*; Kapitel 2: 23-54; 2018.
250. Yin R., Kim Y. K., Jang Y. S., Lee J. J., Lee M. H., Bae T. S. Comparative evaluation of the mechanical properties of CAD/CAM dental blocks. *Odontology*; 107: 360-367; 2019.
251. Zhang Y. Making yttria-stabilized tetragonal zirconia translucent. *Dent Mater*; 30: 1195-1203; 2014.
252. Zhang Y., Sailer I., Lawn B. R. Fatigue of dental ceramics. *J Dent*; 41: 1135-1147; 2013.
253. Zidan O., Ferguson G. C. The retention of complete crowns prepared with three different tapers and luted with four different cements. *J Prosthet Dent*; 89: 565-571; 2003.
254. Ziegler A., Lange S., R. Bender. Überlebenszeitanalyse: Die Cox-Regression. *Dtsch Med Wochenschr*; 132: e42-e44; 2007.
255. Ziegler A., Lange S., Bender R. Überlebenszeitanalyse: Der Log-Rank-Test. *Dtsch Med Wochenschr*; 132: e39-e41; 2007.

256. Ziegler A., Lange S., Bender R. Überlebenszeitanalyse: Eigenschaften und Kaplan-Meier Methode. *Dtsch Med Wochenschr*; 132: e36-e38; 2007.
257. Zimmermann M. , Mehl A. CAD/CAM- Technologie. In: Rosentritt M, Ilie N, Lohbauer U (Hrsg.). *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin Moderne Materialien und Technologien*. 15. Stuttgart: *Georg Thieme Verlag KG*: 425-442; 2018.
258. Zimmermann M., Koller C., Reymus M., Mehl A., Hickel R. Clinical Evaluation of Indirect Particle-Filled Composite Resin CAD/CAM Partial Crowns after 24 Months. *J Prosthodont*; 27: 694-699; 2018.
259. Zitzmann N. U., Galindo M. L., Hagmann E., Marinello C. P. Clinical evaluation of Procera AllCeram crowns in the anterior and posterior regions. *Int J Prosthodont*; 20: 239-241; 2007.

11 Erklärung

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Gießen, den 09.07.2021



Ort, Datum

Unterschrift

12 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt zuallererst *Prof. Dr. Peter Rehmann*, leitender Oberarzt der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Universitätsklinikums Gießen, für sein Vertrauen in mich sowie die Ermöglichung der Anfertigung dieser Dissertation. Ihre ehrliche und engagierte Unterstützung wird mir neben bereichernden und konstruktiven Gesprächen in sehr guter Erinnerung bleiben.

Ich danke *Prof. Dr. Bernd Wöstmann* für die Bereitstellung der Ressourcen sowie des Arbeitsplatzes.

Meiner Betreuerin *Dr. Maximiliane Schlenz* danke ich für ihre großartige Unterstützung.

Für die statistische Beratung bedanke ich mich bei *Dr. Johannes Herrmann*.

Dipl.-Ing. Michael Köhl danke ich für seine technische Hilfe.

Dr. Alexander Schmidt möchte ich für seine stetige Motivation sowie seine ausgezeichnete Lehre im Rahmen meines Studiums danken.

Meinen Kolleginnen *Berenike Schupp* und *Clara Sophie Gäbler* danke ich besonders für die vielen gemeinsamen schönen Stunden, die wir als Doktorandinnen in dieser Abteilung verbringen durften und ihr offenes Ohr in schwierigen Phasen der Anfertigung. Gleicher Dank gilt meinem Kollegen *Carsten Fiege* für seine jederzeitige Ansprechbarkeit und Klärung aller offenen Fragen von Tag Eins an.

Ich danke allen *Mitarbeitern der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik* für die nette Zusammenarbeit sowie die Unterstützung während der Verfassung meiner Dissertation.

Bei meiner Schwester *Nadine Obst* möchte ich mich herzlich für das zeitige und sorgfältige Korrekturlesen bedanken.

Der größte Dank gilt an dieser Stelle meinen *Eltern*. Danke, dass Ihr *immer* das Beste für mich getan habt. Eure liebevolle und fürsorgliche Unterstützung in all den Jahren ermöglicht es mir da zu sein, wo ich jetzt bin.

13 Lebenslauf

Der Inhalt wurde aufgrund Datenschutzgründen entfernt.



édition scientifique
VVB LAUFERSWEILER VERLAG

VVB LAUFERSWEILER VERLAG
STAUFENBERGRING 15
D-35396 GIESSEN

Tel: 0641-5599888 Fax: -5599890
redaktion@doktorverlag.de
www.doktorverlag.de

ISBN: 978-3-8359-6974-2



9 783835 196974 2